



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Eduard Galić

# **KOLORIMETRIJA SPOTNIH BOJA KOD RAZLIČITIH POSTUPAKA LAKIRANJA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Eduard Galić

# **KOLORIMETRIJA SPOTNIH BOJA KOD RAZLIČITIH POSTUPAKA LAKIRANJA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Eduard Galić

# **KOLORIMETRIJA SPOTNIH BOJA KOD RAZLIČITIH POSTUPAKA LAKIRANJA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

Faculty of Graphic Arts

Eduard Galić

# **COLORIMETRY OF SPOT COLOURS OF DIFFERENT VARNISHING METHODS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Associate Professor Igor Zjakić

Zagreb, 2017.



**UDK BROJ:** 535.6:667.6:655:655.34

***Povjerenstvo za ocjenu doktorskoga rada:***

1. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Irena Bates, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Filozofski fakultet, vanjski član

***Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada:***

1. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Irena Bates, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Filozofski fakultet, vanjski član

***Mentor:***

izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

***Datum obrane doktorskoga rada:*** 28. travnja 2017.

***Mjesto obrane doktorskoga rada:*** Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada donijelo je sljedeću odluku:***

„Obranio s ocjenom magna cum laude (*s velikom pohvalom*) jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

## *Životopis mentora*

Diplomirao na Grafičkom fakultetu nakon završene srednje Grafičke škole, smjer Tisak. 2000. godine upisuje poslijediplomski studij na Grafičkom fakultetu i 2002. godine postaje prvi magistar znanosti Grafičke tehnologije u Hrvatskoj. U siječnju 2005. godine doktorira na katedri Tisak na Grafičkom fakultetu s temom: "Optimizacija sustava rasterske reprodukcije utisku".

Od 1993. godine radi u tiskari "Graf" kao direktor, zatim u tiskari "AKD" kao voditelj pogona i kontrolor tehnološkog procesa te kao direktor tiskare. Sudjeluje u projektu izrade nove Hrvatske putovnice i ostalih zaštićenih dokumenata. Prije dolaska na fakultet radio je kao menadžer za tiskarske sustave u kompaniji Xerox. Od 2001. godine radi na Grafičkom fakultetu gdje postaje docent na katedri Tisak te izvanredni profesor.

Do danas je objavio više od 70 znanstvenih i stručnih radova iz Grafičke tehnologije te je sudjelovao na mnogim međunarodnim i domaćim znanstvenim i stručnim konferencijama. Autor je i nekoliko poglavlja objavljenih u međunarodnim znanstvenim knjigama te nekoliko znanstvenih radova u međunarodnim časopisima s međunarodnom recenzijom. U svom desetogodišnjem iskustvu u privredi završio nekoliko tečajeva vezanih za grafičku tehnologiju i menadžment u Zurichu, Londonu i Budimpešti. Već nekoliko godina sudjeluje u radu znanstveno-stručnog Simpozija "Blaž Baromić" kao član Programskog i Organizacijskog odbora. Savjetnik je za kvalitetu novinskog tiska pri njemačkoj organizaciji IFRA te je voditelj projekta Sincol, vezan za standardizaciju novinskog tiska u Hrvatskoj i jugoistočnoj Europi. Predsjednik je Hrvatskog društva grafičara.

Od 2006. godine rješenjem Trgovačkog suda u Zagrebu postaje stalni sudski vještak za grafičku industriju u Republici Hrvatskoj. Napisao udžbenike iz područja grafičke tehnologije i dizajna: "Tehničko uređivanje u procesu izrade knjige", "Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska", "Kolorimetrija u multimedijским sustavima" i "Psihologija boja.

Na Grafičkom fakultetu nositelj je predmeta: Glavne tehnike tiska, Upravljanje ofsetnim tiskom, Tehničko uređivanje i vođenje naklade, Poslovni i zaštitni tisak, Quality Management in Printing (na engleskom jeziku) te na doktorskom studiju: Napredni tiskarski sustavi i Rasterski elementi u tisku.

*Ovaj rad posvećujem ocu Vladimiru koji bi se njime najviše ponosio, majci Gizeli bez čije potpore ne bi bio ostvaren i supruzi Kristini bez čije podrške i odricanja ne bi bio završen...*

*Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Igoru Zjakiću na pruženoj pomoći tijekom izrade ove disertacije i tvrtkama Stega tisak d.o.o., Igepa Plana d.o.o., Radin-grafika d.o.o. na potpori u izradi eksperimentalnog dijela. Zahvaljujem se i svim kolegama na Grafičkom fakultetu i prijateljima na svakoj upućenoj riječi podrške, vjeri i razumijevanju koji su olakšali put do cilja.*

## SAŽETAK

Procesi lakiranja otisaka sveprisutni su u grafičkoj industriji. Osim u svrhu zaštite od mehaničkih oštećenja otiska te poboljšanja procesa sušenja, često su korišteni i u svrhu vizualnog unapređenja otisnutog proizvoda. Svoju primjenu, lakiranje pronalazi ponajprije u tisku ambalažnih grafičkih proizvoda, ali i u tisku drugih svakodnevno korištenih proizvoda kao što su katalozi, brošure, etikete, prospekti. Poznavanje utjecaja različitih postupaka lakiranja u međuovisnosti s hrapavošću tiskovne podloge na kolorimetrijske promjene spotnih boja, značajno je za reprodukcijски proces. Dosadašnje spoznaje upućuju na problematiku kolorimetrijskih promjena procesnih boja CMYK sustava, pod utjecajem različitih postupaka lakiranja, no područje promjena spotnih boja ostaje relativno neistraženo. U ovom je radu naglasak stavljen na utjecaj najčešće korištenih postupaka lakiranja u tehnici ofsetnog tiska, ali i termalnih laminacijskih postupaka na često korištene spotne boje, koje su u procesu grafičke proizvodnje prepoznate kao problematične. Istraživanje je usmjereno na definiranje graničnih vrijednosti kolorimetrijskih odstupanja koja mogu utjecati na kvalitetu reprodukcijskog procesa. Kako bi se provelo ispitivanje, otisnuta su uzorci u tehnici ofsetnog tiska, prema standardiziranim uvjetima. Uzorci su podvrgnuti laboratorijskim ispitivanjima hrapavosti tiskovne podloge, sjajnosti tiskovne podloge te mikroskopskoj analizi. Kolorimetrijska ispitivanja provedena su spektrofotometrijskim metodama u CIE  $L^*a^*b^*$  prostoru. Denzitometrijska mjerenja su također provedena. Na osnovu provedenih objektivnih, laboratorijskih mjerenja, pristupilo se izračunima koji su pokazali u kojoj je mjeri došlo do kolorimetrijskih promjena spotnih boja, a uslijed raznovrsnih procesa lakiranja te uslijed termalnih laminacijskih postupaka. Ispitala se međuovisnost parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te su rezultati stavljeni u korelaciju s kolorimetrijskim promjenama na bojama. Definirala su se granična područja i uvjeti unutar kojih navedene promjene mogu utjecati na subjektivni doživljaj prosječnog promatrača – korisnika određenog grafičkog proizvoda. Ponuđene su nove znanstvene preporuke koje mogu biti iskoristive u svakodnevnoj grafičkoj reprodukciji te rezultirati uspješnijom kvalitetom tiska.

**Ključne riječi:** *lakiranje, hrapavost tiskovne podloge, sjajnost tiskovne podloge, spotne boje, kvaliteta otiska*

## ABSTRACT

Processes of print varnishing are very common in the printing industry. Except for the purpose of protection against mechanical damage of prints, and improvement of the drying process, they are often used for improving the visual impression of a printed product. Varnishing is applied primarily in packaging printing products, but also in the other daily used products such as catalogs, brochures, labels, booklets. Understanding the impact of different methods of varnishing in interdependence with the printing surface roughness on colorimetric change of spot colors is important for the reproduction process. According to current knowledge, the issue of change of process colors in CMYK system under the influence of different varnishing methods is recognized, but the area of changes in spot colors remains relatively unexplored. In this paper, emphasis is placed on the impact of the most commonly used varnishing methods in offset printing, as well as thermal lamination processes on frequently used spot colors, which are identified as problematic in the process of graphic production. The research is aimed at defining the limits of colorimetric variations that may affect the quality of the reproduction process.

To perform the research, the samples were printed in offset printing technique, according to standardized conditions. Samples were subjected to laboratory tests of printing substrate roughness, printing substrate gloss, and microscopic analysis. Colorimetric tests were conducted by spectrophotometric methods in CIE  $L^*a^*b^*$  color system. Based on the objective, laboratory measurements and calculations were conducted, showing the extent to which there was a colorimetric change of spot colors under the influence of various varnishing methods and thermal lamination processes. The interdependence of printing substrate roughness and gloss parameters was examined, and the results were placed in correlation with colorimetric changes in colors. The border areas and conditions within which these changes may affect the subjective experience of the average spectator - user of specific printed products were defined. The research has yielded new scientific recommendations that may be usable in everyday graphic reproduction and that could result in improved print quality.

Basic concepts of the printing industry are described at the beginning of this work, as well as other key concepts required to understand the entire process that needs to be implemented to achieve the required research. The human experience of color, the interaction of light with the

subject that it illuminates, and the human eye as a receptor of that experience is an extremely complicated system. As the most perfect "instrument", the human eye is able to experience and "see" very small color differences between the printed colors, but on the other hand - without a reference sample, the human eye "does not remember" and can easily be fooled. Metamerism, as a phenomenon during which the human eye sees two samples the same even though the two samples have different spectral characteristics, is an interesting phenomenon which indicates the necessity of objective and instrumental color measurement.

In this context, the work presents the most commonly used methods of measuring color and colorimetry that predicts colors with respect to how they are experienced by the average observer. Colorimetric model shows the results of the same numerical values for two different samples in cases when the average observer sees the same color. Colorimetric model shows the different numerical values, and indicates the difference between two colors for the cases when the average observer sees the difference between the colors.

Varnishing processes used in offset printing are diverse in terms of the effects they cause on the printed sheets, in terms of applications, but also in terms of technical and technological solutions which enable their application. Besides the mechanical protection achieved by various coating processes, they are also used for improvement of visual appearance of the printed products. Oil-based varnishes, water-based varnishes and UV varnishes are the most commonly used varnishes for the varnishing processes. Application of oil-based varnishes within the printing unit can be carried out by offset printing plate or directly by means of offset printing blanket, depending on the request. Oil-based varnishes have a similar chemical composition to the conventional offset printing inks, with the exception of pigment. Water-based varnishing is a process that uses varnish based on water. Besides the packaging industry, with new constructions of printing machines and increased technical and technological capabilities, the water-based varnishes are used during the printing of other everyday graphic products.

Water-based varnishes require a special varnishing unit, consisting of several rolls systems and the varnish is transferred directly by a prepared coating form of a coating cylinder. The biggest gloss effect is achieved by the process of UV varnishing, compared to oil-based varnish and water-based varnish. Besides the in-line mode of application with the technical and technological solutions that are part of the printing machine, UV varnishing can be applied by a screen printing technique. Applying gloss or matte lamination with thermal

lamination process is one of the first stages in the process of graphic finishing. This is a very common way of protecting printed products, used in matte or gloss version for book covers, magazines, brochures, folders, boxes, etc. Although the lamination film seems transparent, it still has a certain opacity and will retain a certain percentage of light that would otherwise be reflected by the print if it has not been laminated.

For research purposes, it is necessary to consider occurrences and characteristics that occur on the surface of the printing substrate. Interaction of printing inks, varnish and printing substrate during the printing process significantly affects the colorimetric changes that may occur. The roughness of the printing substrate is one of the most important factors during the process of manufacturing paper. Printing substrate used during printing affects printing, as well as the realization of the required reproduction, achieving gamut, trapping, drying, and subsequent finishing processes. The various varnishing processes have different impacts on increasing or reducing the roughness of the printing substrate. This phenomenon was observed in all three printing substrates with respect to the experiment carried out: matte and gloss coated printing substrates and uncoated printing substrate. Glossiness and the roughness of the printing substrate are one of the main characteristics of the printing substrate that affects the reproduction chain of offset printing processes and standardization of the production flow. The various varnishing processes also influence the decrease or increase of the printing substrate gloss. The abovementioned properties of the printing substrates can be measured in the laboratory with special measuring equipment.

The basis of this research are spot colors that are special for several reasons. Apart from providing the ability to increase reproduction gamut, spot colors also provide a very important repeatability of the printing process and reproduction chain. The various systems of spot colors used in the printing industry provide a variety of applications and benefits. One of the most commonly used system of spot colors in the printing industry is Pantone<sup>®</sup> color system. During the printing process, spot colors show a number of characteristics, which is important to recognize and understand in order to achieve a satisfactory reproduction process. Colorimetric change of spot colors can be influenced by numerous parameters, including the various varnishing methods and laminating processes. The change of printed color is not necessarily immediately visible during printing, but it can also occur in a certain period of drying time, and even after a few weeks.

Eight spot colors of contrasting wavelengths were selected for the implementation of the experiment. Samples were printed in standardized conditions in offset printing technique. The printed colors were subjected to various varnishing processes and a thermal lamination process. During the process of printing samples, part of prints remained uncoated, and the second part of the prints was coated with oil-based varnish in matte and gloss version, water-based varnish in matte and gloss version, and UV gloss varnish, also under controlled conditions. Laboratory tests determined the parameters of roughness and gloss of the printed samples. Upon completion of samples, calculations were conducted that showed the extent to which there was a colorimetric change of spot colors, as well as to determine the interdependence of roughness and gloss properties of the printing substrate. Measurement of paper smoothness was carried out according to Bekk method. This exact method is based on the air flow between the paper and the smooth surface. Elcometer 407 was used for measuring the gloss of the printing substrate, which enables the measurement of three angles: 20°, 60° and 85°. Spectrophotometric measurements in the CIE L\*a\*b\* color system were used for the purpose of defining and calculating colorimetric tolerances.

The results of smoothness measurements showed that the greatest smoothness was achieved on samples with lamination. After that, the highest values were achieved on the samples with water-based gloss varnish, and then oil-based gloss varnish. Water-based matte varnish and oil-based matte varnish on matte and gloss coated printing substrates resulted in the reduction of surface smoothness relative to samples without varnish. Gloss and matte coated printing substrates reacted similarly influenced by different types of varnishing and laminating processes. On uncoated printing substrate, various types of varnishes, in contrast to gloss and matte thermal lamination processes, did not cause significant change in the surface roughness. Results of gloss measurement showed that various varnishing methods did not largely influence the change in glossiness of the samples printed on uncoated printing substrates. Initially, large surface roughness of uncoated printing substrate was not significantly changed by the application of coating, and therefore, the glossiness of the surface slightly changed in relation to the sample without varnish. On the gloss coated printing substrate, various varnishing methods significantly altered the gloss of the printing substrate. Different types of varnishing and lamination caused almost the same changes on the gloss coated printing substrates as on the matte coated printing substrates. For all measured samples, UV gloss varnish, and then water-based gloss varnish, caused the largest increase in gloss.



Measurements of gloss and roughness of the printed samples confirmed the interdependence of these two parameters.

In order to determine changes in the CIE  $L^*a^*b^*$  values that different laminating and various varnishing methods caused to the individual samples, after the visual presentation of changes through 3D graphs, tabular calculation were made, and the overall results were presented for all printed samples. It is necessary to take into consideration that all the changes in which  $\Delta E_{00}^* > 2$  are treated as changes that are visible to the average observer, and as such influence and/or may affect the quality and impression of finished printed products.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Rubine Red showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . In the field of medium raster tone values (50 % and 80 %), matte and gloss lamination, as well as UV gloss varnish, caused  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value, except for laminating, the color change is affected by both matte and gloss water-based varnishes.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Warm Red showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . In the field of medium raster tone values (50 %), matte and gloss lamination, as well as UV gloss varnish, caused  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value on matte and gloss printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 2$  was noticed only under the influence of matte lamination process.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Orange 021 showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . This is especially visible on both matte and gloss coated printing substrates. In the field of medium raster tone values (50 %), gloss lamination, as well as UV gloss varnish, caused  $\Delta E_{00}^* > 3$ . At 80 % raster tone value, water-based matte varnish caused  $\Delta E_{00}^* > 2$  on matte and gloss coated printing substrates. With 100 % raster tone value on matte and gloss coated printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 3$  was noticed only under the influence of matte lamination process and water-based matte varnish.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Yellow showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . In the field of medium raster tone values (50 %), matte and gloss lamination, as well as UV gloss varnish caused  $\Delta E_{00}^* > 3$  on matte and gloss coated printing substrate, while on uncoated printing substrate caused  $\Delta E_{00}^* > 2$ .  $\Delta E_{00}^* > 2$  changes were not noticed while measuring on matte and gloss coated printing substrate on 80 % and 100 % raster tone value. On uncoated printing substrate at 80 % and 100 % raster tone value, only the process of gloss lamination caused  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Green showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . An exception to the above represents matte coated printing substrate in combination with a matte lamination process. In the field of medium raster tone values (50 %), matte and gloss lamination, as well as UV gloss varnish, caused  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value on matte and gloss coated printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 2$  was noticed only under the influence of matte lamination process.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Reflex Blue showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value on matte and gloss coated printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 3$  was noticed only under the influence of matte lamination process and water-based matte varnish. Almost all methods of varnishing caused  $\Delta E_{00}^* > 2$  on an uncoated printing substrate in certain situations.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Violet showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value on matte and gloss coated printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 3$  was noticed only under the influence of matte lamination process and water-based matte varnish. On uncoated printing substrate at 100 % raster tone value,  $\Delta E_{00}^* > 2$  was not measured only on the samples with oil-based matte and gloss varnish.

The spectrophotometric measurement of color PANTONE Purple showed that for all three types of printing substrate, it is common that at low values of raster tone (20 %) combined with a matte or gloss lamination process, and UV gloss varnish resulted in significant  $\Delta E_{00}^* > 3$ . With 100 % raster tone value on matte and gloss coated printing substrates,  $\Delta E_{00}^* > 2$  was noticed under the influence of matte lamination process. Water-based matte varnish on matte and gloss coated printing substrates also caused  $\Delta E_{00}^* > 2$ . On the matte coated printing substrate  $\Delta E_{00}^* > 2$  was also caused by matte and gloss oil-based varnish.

Considering all of the observed colors on uncoated printing substrate, under the influence of various varnishing methods and laminating processes, the most sensitive was PANTONE Violet, in which 79 % of the samples had  $\Delta E_{00}^* > 2$  changes. After PANTONE Violet, PANTONE Reflex Blue followed with 68 % and PANTONE Rubine Red with 50 % of the samples that had changes  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

Considering all of the observed colors on matte coated printing substrate, under the influence of various varnishing methods and laminating processes, the most sensitive was PANTONE Purple, in which 49 % of the samples had  $\Delta E_{00}^* > 2$  changes.

PANTONE Reflex Blue and PANTONE Rubine Red followed with 39 % of the samples that had changes  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

Considering all of the observed colors on gloss coated printing substrate, the most sensitive was PANTONE Reflex Blue, PANTONE Violet and PANTONE Rubine Red in which 39 % of the samples had  $\Delta E_{00}^* > 2$  changes. The smallest changes, as with an uncoated and matte coated printing substrate, occurred on PANTONE Green and PANTONE Yellow.

Results presented in this research can be used as recommendations for achieving optimum results when printing spot colors in combination with the most commonly used varnishing methods and thermal processes, and on conventional printing substrates.

**Keywords:** *varnishing, printing substrate roughness, printing substrate gloss, spot colors, print quality*

# SADRŽAJ

1	UVOD .....	1
1.1.	Svrha istraživanja .....	1
1.2.	Cilj i hipoteze istraživanja.....	3
1.3.	Očekivani znanstveni doprinos .....	4
2	TEORETSKI DIO .....	5
2.1.	Doživljaj boja .....	5
2.1.1.	Svjetlost i izvori svjetla .....	5
2.1.2.	Ljudski organ vida.....	8
2.1.3.	Metamerija .....	11
2.1.4.	Mjerenje boja.....	12
2.1.4.1.	Denzitometrija .....	12
2.1.4.2.	Kolorimetrija .....	15
2.1.4.3.	Spektrofotometrija.....	16
2.2.	Lakiranje u ofsetnom tisku .....	17
2.2.1.	Lakiranje na bazi ulja .....	18
2.2.2.	Vododisperzivno lakiranje .....	19
2.2.3.	UV lakiranje .....	23
2.3.	Termalni laminacijski postupci .....	31
2.4.	Hrapavost tiskovne podloge .....	33
2.4.1.	Metode određivanja hrapavosti .....	33
2.4.2.	Utjecaj lakiranja na hrapavost tiskovne podloge.....	36
2.5.	Sjajnost tiskovne podloge.....	38
2.5.1.	Proizvodnja papira i postizanje sjajnosti tiskovne podloge .....	38
2.5.1.1.	Pigmenti .....	39
2.5.1.2.	Veziva.....	39

2.5.2. Sjajnost otiska .....	39
2.5.3. Mjerenje sjajnosti .....	41
2.5.4. Međuovisnost različitih postupaka lakiranja i sjajnosti .....	41
2.6. Spotne boje .....	44
2.6.1. Pantone® sustav boja .....	45
2.6.1.1. Kolorimetrijske promjene PMS boja.....	48
2.6.1.2. Metalizirane boje PMS sustava boja .....	49
2.6.1.3. Nalijeganje i kolorimetrijsko predviđanje spotnih boja .....	50
2.6.1.4. Predviđanje kolorimetrijskih promjena PMS boja pod utjecajem lakiranja ...	52
2.6.2. Ostali sustavi spotnih boja.....	54
3 EKSPERIMENTALNI DIO.....	59
3.1. Dosadašnja istraživanja .....	59
3.2. Metodologija i plan istraživanja .....	60
3.3. Korišteni materijali.....	63
3.3.1. Tiskovna podloga .....	63
3.3.2. Tiskovna boja .....	64
3.3.2.1. PANTONE Purple C .....	65
3.3.2.2. PANTONE Violet C.....	65
3.3.2.3. PANTONE Reflex Blue C .....	66
3.3.2.4. PANTONE Green C.....	68
3.3.2.5. PANTONE Yellow C.....	69
3.3.2.6. PANTONE Orange 021 C.....	70
3.3.2.7. PANTONE Warm Red C .....	71
3.3.2.8. PANTONE Rubine Red C.....	72
3.3.3. Mat i sjajni lak na bazi ulja .....	73
3.3.4. Vododisperzivni mat i sjajni lak.....	74
3.3.5. UV sjajni lak.....	75

3.3.6. Folije za mat i sjajni termalni laminacijski postupak.....	75
3.3.7. Tiskovna forma .....	76
3.3.8. Ofsetna guma.....	77
3.4. Korišteni strojevi.....	78
3.4.1. CTP.....	78
3.4.2. Ofsetni tiskarski stroj .....	79
3.4.3. Stroj za nanošenje UV laka .....	81
3.4.4. Stroj za termalni laminacijski postupak .....	82
3.5. Korišteni uređaji za mjerenje .....	84
3.5.1. Mjerni uređaj PTI-Line BEKK tester za određivanje glatkosti.....	84
3.5.2. Mjerni uređaj X-Rite Elcometer 407 Statistical Glossmeter za mjerenje sjajnosti uzoraka .....	84
3.5.3. Mikroskop Dino–Lite AM413T Dino-Lite Pro.....	85
3.5.4. Mikroskop Leica Microsystems DM2500.....	85
3.5.5. Spektrofotometar X-Rite eXact.....	85
3.6. Rezultati istraživanja .....	87
3.6.1. Testni elementi na tiskovnoj formi.....	87
3.6.2. Rezultati glatkosti uzoraka .....	88
3.6.3. Rezultati sjajnosti uzoraka .....	91
3.6.4. Mikroskopska analiza uzoraka .....	94
3.6.5. Denzitometrijska analiza uzoraka .....	95
3.6.6. Spektrofotometrijska analiza uzoraka .....	96
3.7. Diskusija rezultata istraživanja.....	147
3.7.1. Glatkost uzoraka.....	147
3.7.2. Sjajnost uzoraka .....	148
3.7.3. Mikroskopsko promatranje .....	149
3.7.4. Denzitometrijsko mjerenje .....	149

3.7.5. Spektrofotometrijsko mjerenje .....	150
3.7.5.1. PANTONE Rubine Red – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	150
3.7.5.2. PANTONE Warm Red – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	151
3.7.5.3. PANTONE Orange 021 – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	152
3.7.5.4. PANTONE Yellow – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	154
3.7.5.5. PANTONE Green – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	155
3.7.5.6. PANTONE Reflex Blue – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	156
3.7.5.7. PANTONE Violet – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	158
3.7.5.8. PANTONE Purple – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 % .....	159
3.8. Završna diskusija.....	161
4 ZAKLJUČCI .....	166
5 LITERATURA.....	169
6 POPIS SLIKA I TABLICA.....	175

# 1 UVOD

## 1.1. Svrha istraživanja

Nove konstrukcije tiskarskih strojeva te sve brža produkcija, kao i zahtjevi za što bržim doradnim procesima uvjetuju gotovo svakodnevno korištenje raznovrsnih postupaka lakiranja otisnutih araka. Osim u svrhu mehaničke zaštite tiskovine, lakiranje u novije vrijeme ispunjava i vrlo važnu estetsku funkciju. Različite su metode lakiranja, a najčešće su to lakiranje lakovima na bazi ulja, lakiranje vododisperzivnim lakovima i lakiranje UV lakovima.

Jedan od najčešćih načina lakiranja u tehnici ofsetnog tiska predstavlja lakiranje lakovima na bazi ulja. U svojoj sjajnoj i mat inačici, ofsetni lakovi na bazi ulja često se nalaze na ambalažnim grafičkim proizvodima, etiketama, brošurama te se mogu smatrati bespigmentnim ofsetnim bojilima. Vododisperzivne metode lakiranja lakovima na bazi vode danas su nezamjenjive u ambalažnoj grafičkoj produkciji. Za razliku od lakova na bazi ulja, karakterizira ih često niža cijena repromaterijala, veći učinak sjajnosti, brže sušenje otisaka, zdravstveno su prihvatljiviji, povoljniji ekološki aspekt te odsustvo neugodnih mirisa. UV lakovi su prema sastavu drugačiji od lakova na bazi ulja i vododisperzivnih lakova. Sušenje se ostvaruje UV zračenjem, a postignuti sjaj nadmašuje otiske s lakom na bazi ulja, kao i vododisperzivne lakove. <sup>[1]</sup> Zbog efektnosti, proces sjajnog UV lakiranja često se koristi parcijalno, u kombinacijama s mat ofsetnim lakom na bazi ulja i mat termalnim laminacijskim postupcima. Sve spomenute vrste lakiranja utječu na promjenu sjajnosti otisnute tiskovne podloge, a time i na kolorimetrijske promjene na otiscima. Sjajnost tiskovne podloge jedna je od najvažnijih optičkih karakteristika tiskovne podloge. U pravilu, sjajnost tiskovne podloge u ovisnosti je o hrapavosti tiskovne podloge te se većom hrapavošću postiže manja prosječna sjajnost tiskovne podloge. <sup>[2,3,4]</sup>

Spotne boje zbog svojeg specifičnog sastava pružaju niz mogućnosti u procesu tiska. Osim što se njihovom uporabom može povećati gamut reprodukcije, svoju primjenu često nalaze i u tisku korporativnih vizualnih identiteta, tisku ambalaže, vrijednosnih dokumenata itd. U pojedinim situacijama uporaba spotnih boja olakšava i pojeftinjuje, a u drugima otežava i poskupljuje proces tiska. Važno je stoga poznavati i znanstvenim metodama istražiti utjecaj



navedenih načina lakiranja u međuovisnosti s hrapavošću tiskovne podloge, na takve boje, s razlogom definiranja graničnih područja u kojima će promjene biti vidljive i utjecati na krajnjeg potrošača.

Budući da je istraživanje usmjereno na definiranje novih preporuka u standardizaciji ofsetnog tiska, najprije će se pristupiti izradi uzoraka u okvirima navedene tehnike tiska. Generirat će se tiskovne forme koje će sadržavati mjerne, kontrolne stripove u različitim rastertonskim vrijednostima, kao i u punim tonovima. Tiskovne forme će sadržavati definirana mjerna polja spotnih boja različitih valnih duljina te različitih tonaliteta i to iz područja ljubičaste, plave, zelene, žute i crvene boje spektra. Na taj način ostvarit će se sveobuhvatnost istraživanja i utjecaja lakiranja na najčešće korištene spotne boje u tiskarskom procesu budući da je broj industrijski proizvedenih spotnih boja iznimno velik. Iz tog razloga, odabrat će se i koristiti upravo one spotne boje, a iz navedenog područja spektra boja, koje su realnim uvjetima grafičke reprodukcije prepoznate kao problematične. Koristit će se boje renomiranih proizvođača te će se prije otiskivanja utvrditi eventualno odstupanje od referentnih dostupnih skala boja. Ispitat će se i opisati kemijski sastav odabranih boja i pripadajućih pigmenata radi boljeg razumijevanja procesa, kao i kemijski sastav odabranih raznovrsnih lakova. Kako bi se ispitala međuovisnost parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te napravila korelacija s promjenama na bojama, za potrebe istraživanja upotrijebit će se najčešće korištene tiskovne podloge u ofsetnoj tehnici tiska, različitih parametara hrapavosti i sjajnosti i to: sjajno premazni papir, mat premazni papir i nepremazni papir. Cjelokupno otiskivanje uzoraka provodit će se u kontroliranim i standardiziranim uvjetima. Tijekom procesa tiska uzoraka, jedan dio otisaka će ostati nelakiran, a na drugom dijelu će se provesti lakiranje lakom na bazi ulja u mat i sjajnoj inačici, vododisperzivnim lakom u mat i sjajnoj inačici te UV sjajnim lakom, također u kontroliranim uvjetima. Kako bi se istraživanje dijelom proširilo i na doradne procese, u ispitivanje će se uključiti i termalni mat i sjajni laminacijski postupak. Po završetku izrade otisaka, pristupit će se laboratorijskom ispitivanju raznovrsno lakiranih i nelakiranih uzoraka. Za potrebe definiranja promjena hrapavosti tiskovne podloge koristit će se neka od prepoznatih metoda u tiskarskoj industriji te mikroskopsko promatranje i vizualizacija površinskih promjena. Za potrebe definiranja postignute sjajnosti, koristit će se glossmetar, a za potrebe definiranja i izračuna kolorimetrijskih odstupanja koristit će se spektrofotometrijske metode mjerenja. Na osnovu provedenih objektivnih, laboratorijskih mjerenja, pristupit će se izračunima koji će pokazati u kojoj je mjeri došlo do kolorimetrijskih promjena spotnih boja, a uslijed raznovrsnih postupaka lakiranja. Ispitat će se međuovisnost parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te će se rezultati staviti u korelaciju s

promjenama na bojama. Definirat će se granična područja i uvjeti unutar kojih navedene promjene mogu utjecati na subjektivni doživljaj prosječnog promatrača – korisnika određenog grafičkog proizvoda. Ponudit će se nove znanstvene preporuke koje mogu biti iskoristive u svakodnevnoj grafičkoj reprodukciji te rezultirati uspješnijom kvalitetom tiska.

## **1.2. Cilj i hipoteze istraživanja**

Cilj istraživanja je ustanoviti u kolikoj mjeri dolazi do kolorimetrijskih promjena prilikom različitih postupaka lakiranja te razjasniti na koji način dolazi do istih. Potrebno je definirati granične vrijednosti koje mogu utjecati na standardnog promatrača te u skladu s rezultatima istraživanja donijeti preporuke kod korištenja raznovrsnih postupaka lakiranja spotnih boja.

Na temelju uvida u dosadašnje znanstvene spoznaje, u posljednjem desetljeću provedena istraživanja i za predmet ovog istraživanja bitna, naglasak je stavljen na međuodnos parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge. U dijelu istraživanja promatrana je korelacija lakiranja, hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te utjecaj lakiranja na kolorimetrijske promjene CMYK boja tiskarskog sustava. Područje utjecaja raznovrsnih postupaka lakiranja u međuovisnosti s hrapavošću tiskovne podloge na spotne boje ostalo je relativno neistraženo. Da bi se potvrdila hipoteza o kolorimetrijskim promjenama spotnih boja pod utjecajem raznovrsnih postupaka lakiranja, a u međuovisnosti s hrapavošću tiskovne podloge, izvršeno je niz laboratorijskih ispitivanja.

Hipoteze istraživanja:

1. Tehniku ofsetnog tiska moguće je unaprijediti na način da se standardizira područje primjene spotnih boja u kombinaciji s različitim postupcima lakiranja.
2. Različiti postupci lakiranja dovode do utjecaja na standardnog promatrača. Definiranjem graničnih vrijednosti moguće je iste standardizirati te na taj način unaprijediti standardizaciju ofsetnog tiska.
3. Promjene hrapavosti tiskovne podloge, nastale uslijed različitih postupaka lakiranja u najvećoj mjeri dovode do kolorimetrijskih promjena spotnih boja.

Na temelju dobivenih rezultata, analize i obrade istih, očekuje se potvrda teorije i hipoteze.

### **1.3. Očekivani znanstveni doprinos**

Istraživanje kolorimetrijskih promjena spotnih boja prilikom različitih postupaka lakiranja doprinjet će napretku znanosti u polju grafičke tehnologije, u području ofsetnog tiska.

Znanstveni doprinos ovog rada temelji se na sljedećem:

1. Doprinos standardizaciji grafičke tehnologije u području ofsetnog tiska u dijelu koji se odnosi na primjenu spotnih bojila i različitih postupaka lakiranja.
2. Definiranje graničnih vrijednosti koje utječu na standardnog promatrača prilikom uporabe spotnih boja u kombinaciji s različitim postupcima lakiranja.
3. Determinacija parametara koji utječu na promjene uslijed različitih postupaka lakiranja.

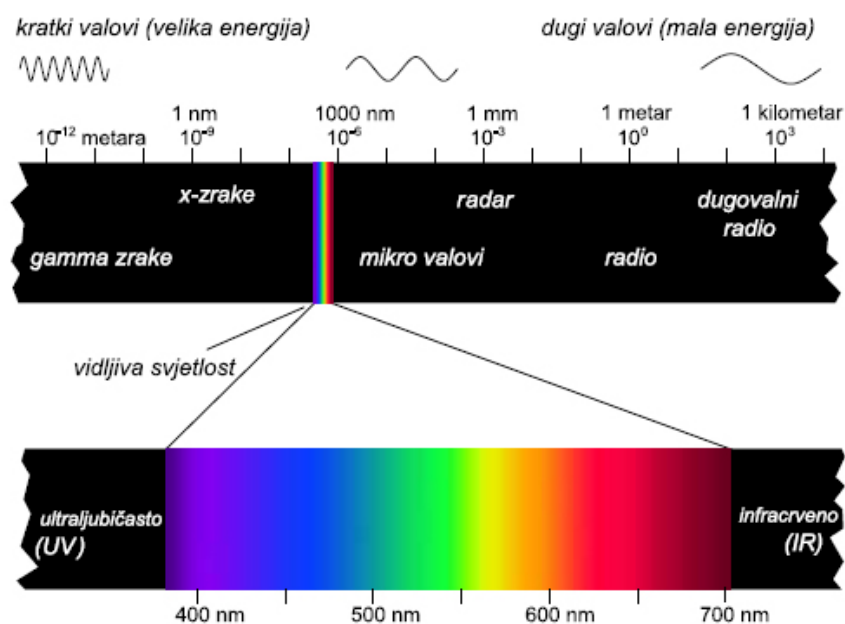
## 2 TEORETSKI DIO

### 2.1. Doživljaj boja

Svijet koji se nalazi posvuda oko nas je u bojama. Svaki dio prirode, predmeti, sve je karakterizirano različitim vrstama boja. Stoga, može se s pravom reći da je boja svojstvo nekog predmeta. Međutim, boja je i svojstvo svjetlosti, odnosno da nema svjetlosti, ne bi bilo ni boje. To je poznato i iz svakodnevnog života; za vrijeme sunčanog, vedrog dana, sve boje su žarke, jasne i izražene, dok su za vrijeme tmurnog, kišovitog dana boje zagasite i tamne. Boja je fenomen koji se događa u ljudskom mozgu, zahvaljujući ljudskom organu vida – očima. Budući su sve tri navedene konstatacije ispravne, može se reći da je boja fenomen koji uključuje izvor svjetlosti (iz vidljivog dijela spektra elektromagnetskog zračenja), promatrani objekt (svojstva apsorpcije, refleksije, raspršivanja i transmisije svjetlosti) i promatrača (osjet vida i vizualni sustav čovjeka). Doživljaj boje je podražaj pobuđen u promatraču uslijed interakcije između objekta i različite valne duljine svjetlosti. U slučaju promjene bilo kojeg od navedena tri parametra, boja se doživljava drugačijom. <sup>[5]</sup>

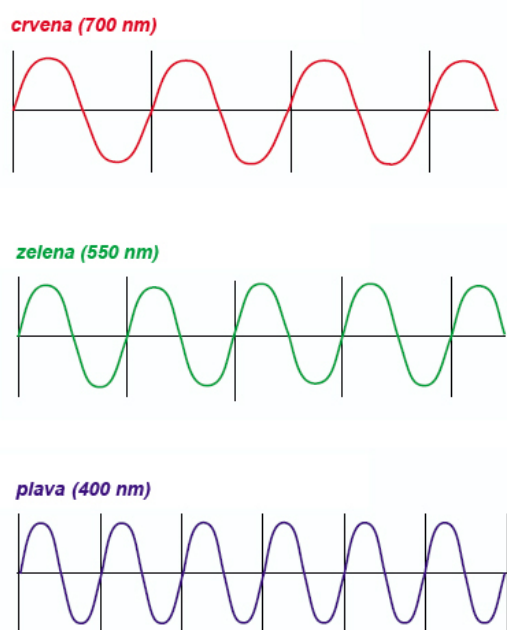
#### 2.1.1. Svjetlost i izvori svjetla

Max Planck i Albert Einstein postavili su temelje današnjem razumijevanju svjetlosti, kao fenomena dvojake prirode: valne i čestične. Svjetlost je elektromagnetski val koji nastaje poremećajem elektromagnetskog polja. Može se opisati veličinom prostiranja (amplitudom) i brzinom prostiranja (frekvencijom). Valna duljina je udaljenost koju val prijeđe u smjeru širenja za jednu osnovnu periodu. Izračunava se kao kvocijent brzine nekog elektromagnetskog vala i njegove frekvencije ( $\lambda = f / \nu$ ). Valna duljina može se izraziti u kilometrima, metrima, centimetrima, milimetrima, nanometrima, a frekvencija u Hertzima. Vidljiva svjetlost, odnosno svjetlost koju može doživjeti ljudski organ vida, je samo mali dio spektra elektromagnetskih valova, a može se definirati kao energija zračenja nekog izvora čije se valne duljine kreću u rasponu od 380 do 750 nm, odnosno izraženo frekvencijom od 790 do 385 THz. <sup>[6]</sup>



**Slika 2.1.** Elektromagnetski spektar i područje vidljive svjetlosti <sup>[6]</sup>

Područje elektromagnetskog zračenja u rasponu od 380 nm do 750 nm čovjek percipira kao boje. Elektromagnetsko zračenje valne duljine ispod 380 nm je ultraljubičasto, a ono iznad 750 nm je infracrveno zračenje. Na početku vidljivog dijela elektromagnetskog spektra, valne duljine 380 nm je ljubičasta boja, koja prelazi u plavu, zelenu, žutu te na 750 nm imamo crvenu boju. Slika 2.2. prikazuje kako valovi od crvene, preko zelene, prema plavoj boji postaju sve kraći.



**Slika 2.2.** Prikaz valnih duljina crvene, zelene i plave boje <sup>[8]</sup>

Boju ne možemo smatrati karakterističnom osobinom nekoga predmeta, kao što je to primjerice oblik. Ipak, boja je svojstvo predmeta da ili apsorbira ili reflektira svjetlost određene valne duljine. Čovjek percipira samo boje koje odgovaraju reflektiranim valnim duljinama. Prilikom dolaska bijele svjetlosti do predmeta, mogu se dogoditi sljedeće situacije:

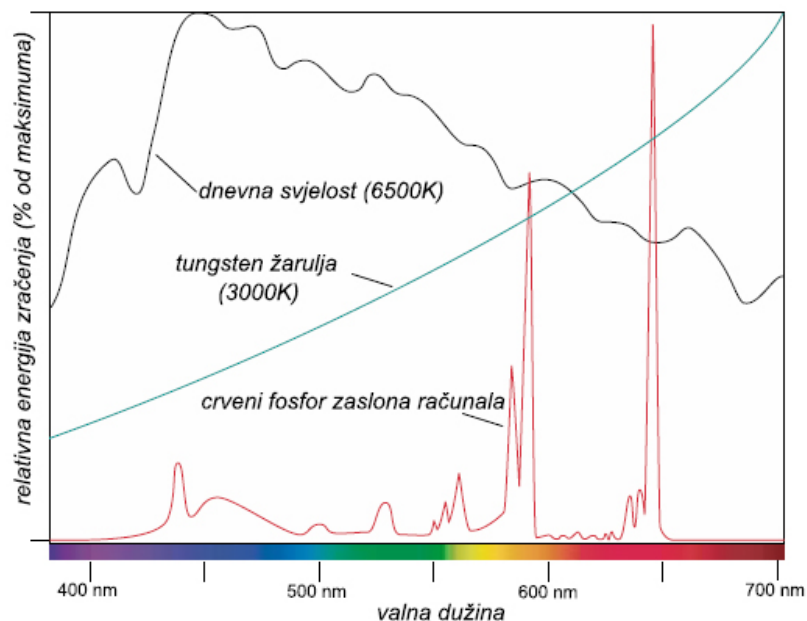
- dolazi do potpune apsorpcije svjetlosti te predmet doživljavamo crnim;
- dolazi do potpune refleksije svjetlosti te predmet doživljavamo bijelim;
- sva svjetlost prolazi kroz predmet te se u ovom slučaju boja svjetlosti ne mijenja;
- dio svjetlosti se apsorbira, a ostatak se reflektira te doživljavamo boju čija nijansa ovisi o tome koje su valne duljine reflektirane, a koje apsorbirane;
- dio svjetlosti se apsorbira, a ostatak se prenosi te doživljavamo boju čija nijansa ovisi o tome koje su se valne duljine apsorbirale, a koje su prenesene; i
- dio svjetlosti se reflektira, a ostatak se prenosi te se u tom slučaju boja reflektirane i prenesene svjetlosti mijenja.

Svojstva osvijetljenog predmeta određuju koja će se od navedenih situacija dogoditi. <sup>[8]</sup> Izvori svjetlosti se prema općoj nomenklaturi dijele na primarne ili sekundarne te na točkaste ili plošne. <sup>[6]</sup> Primarni izvori su vidljivi u svakodnevnom životu. Riječ je o izvorima svjetlosti koji sami stvaraju svjetlost, kao npr. Sunce, baterijska lampa, žarulja. Sekundarni su izvori svjetlosti oni koji ne stvaraju sami svjetlost, nego posredstvom djelovanja primarnog izvora svjetlosti i sami daju svjetlost. Primjer navedenoga je Mjesec koji Sunce obasjava te uslijed toga i Mjesec djeluje kao izvor. Stoga su sekundarni ili neizravni izvori svjetla oni koji emitiraju, reflektiraju ili transmitiraju već primljenu energiju zračenja. Točkasti izvori svjetlosti predstavljaju hipotetske izvore, odnosno matematičke apstrakcije koje služe kao izvor teoretskih razmatranja.

Međunarodna komisija za rasvjetu (*Commission Internationale de l'Eclairage* – skraćeno CIE) je početkom prošlog stoljeća definirala osnovnih šest kategorija izvora svjetla, s obzirom na temperature zračenja: <sup>[5]</sup>

- Izvor svjetlosti A: klasično umjetno svjetlo – žarulja s volframovom niti (2856 K),
- Izvor svjetlosti B: sunčevo svjetlo (4874 K),
- Izvor svjetlosti C: dnevno sunčevo svjetlo (6774 K),
- Izvor svjetlosti D: izvedeni izvori svjetlosti (5000 K, 6504 K), oznaka D50, D65,
- Izvor svjetlosti E: hipotetski izvor izoenergetskog svjetla,

- Izvor svjetlosti F: izvori niza fluorescentnih svjetlosti označenih od F2 do F12.



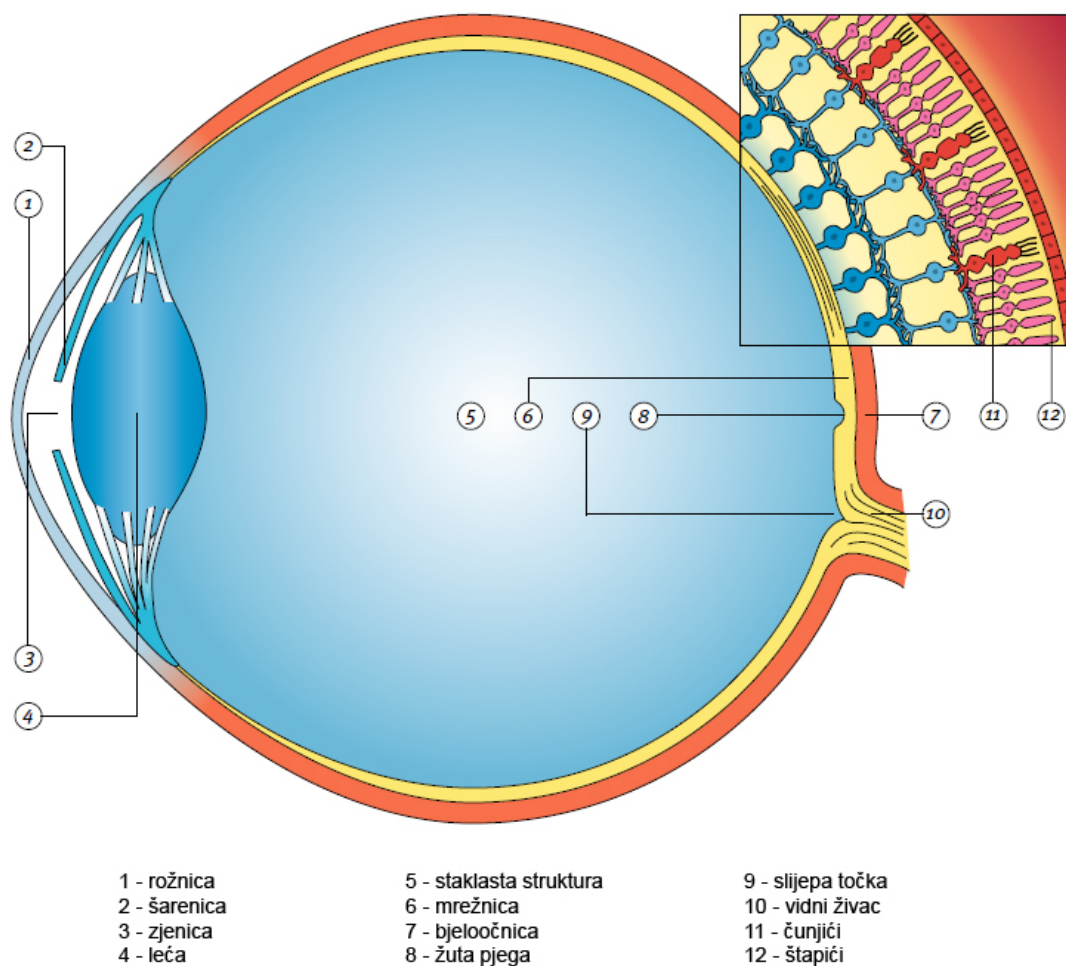
*Slika 2.3. Spektralne emisije triju različitih izvora svjetla vidljivog dijela spektra* <sup>[6]</sup>

### 2.1.2. Ljudski organ vida

Od svih spomenutih sudionika doživljaja boje, ljudsko oko je najsloženiji sustav. Omogućuje nam svakodnevno, nesvjesno, doživljavanje svijeta koji nas okružuje u bojama. Uloga oka leži u tome da ulaznu svjetlost u ovisnosti o njezinoj snazi propušta kroz rožnicu koja je zakrivljena i koja fokusira svjetlost na stražnji dio oka dajući umanjenu i obrnutu sliku. Ulazna elektromagnetska energija iz svjetlosti pretvara se u živčane impulse koji se preko milijun živčanih vlakana prenose ka zatiljnom dijelu kore velikog mozga i interpretiraju kao slika. Optičkim živcima signal putuje do dijela mozga zaduženog za vid i negdje na tom putu između fotoreceptora i mozga, informacija se o boji, pokretu, svjetlini i sjajnosti kodira i dekodira te se stvara vidni osjećaj. S prednje strane oka nalazi se šarenica unutar koje se nalazi zjenica koja mijenjajući svoj oblik regulira ulaznu energiju svjetlosti. Leća oka je višeslojna fleksibilna struktura koja u različitim dijelovima omogućuje različite indekse loma svjetlosti. Oblikom leće upravljaju cilijarni mišići pa u situacijama promatranja bliskog objekta leća postaje „deblja“, dok prilikom promatranja udaljenog objekta leća postaje „tanja“. Šarenica koja je pigmentirana te koja određuje boju oka, je mišić koji kontrolira veličinu zjenice oka. Boja oka je određena koncentracijom i distribucijom melanina unutar šarenice. Zjenica, kao rupa unutar šarenice kroz koju prolazi svjetlost određuje stupanj osvjetljenja mrežnice. U najčešćim okolnostima, promjer zjenice iznosi 3 – 7 mm. <sup>[7]</sup>

Na stražnjem dijelu oka smještena je mrežnica u čijih se devet slojeva nalaze vidni receptori koji se nazivaju *štapići* i *čunjići*.<sup>[9]</sup> Informacije o intenzitetu svjetlosti dobivaju se preko štapića koji se nalaze na periferiji mrežnice. Štapići omogućavaju gledanje u vrlo slabim uvjetima osvjjetljenja.

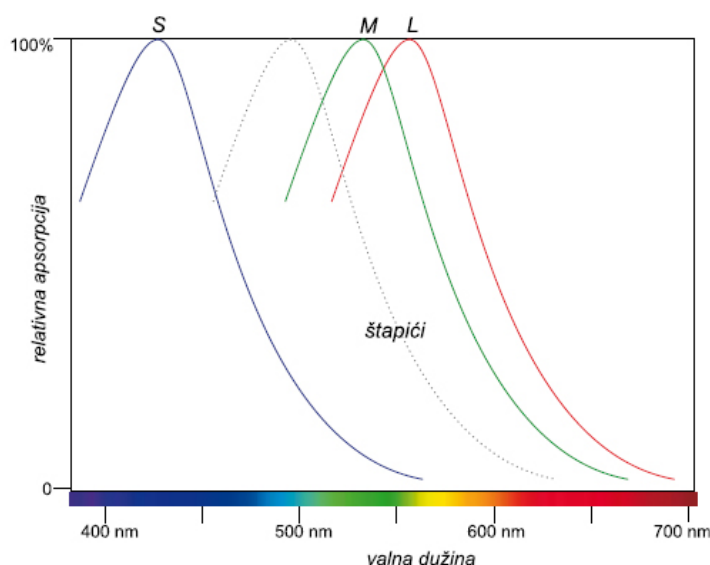
Čunjići su receptori koji omogućavaju osjet boje. Razlikuju se tri vrste čunjića od kojih je svaka vrsta osjetljiva na određeni dio valnih duljina elektromagnetskog zračenja. Posljedično, dio čunjića reagira na svjetlo unutar raspona 400 – 500 nm pa je stoga osjetljiv na plavu boju, dio čunjića reagira na svjetlo unutar raspona 500 – 600 nm, odnosno na zeleno svjetlo. Ostali čunjići mogu „vidjeti“ svjetlo samo u rasponu 600 – 700 nm, što je područje crvenog svjetla. Zahvaljujući ovakvom sustavu štapića i čunjića ljudskog oka, moguće je percipirati i razlikovati milijune boja.<sup>[12]</sup>



**Slika 2.4.** Prikaz osnovnih elemenata građe ljudskog oka<sup>[15]</sup>



Čunjići osjetljivi na kratke i srednje valne duljine, s maksimalnom osjetljivošću na valne duljine od oko 440 nm označavaju se sa S (*short*). Oni čunjići koji su osjetljivi na srednje valne duljine (od oko 540 nm) označavaju se s M (*medium*). Valne duljine od oko 565 nm registrira treći tip čunjića koji se označava s L (*long*).<sup>[10]</sup> Od ukupno 126 milijuna receptora u mrežnici oka, štapići broje oko 120 milijuna, a preostalih 6 milijuna su čunjići. Većina čunjića nalazi se u dijelu oka zvanom fovea, a koja se nalazi u središtu mrežnice.<sup>[13]</sup> Osjetljivost ljudskog oka na boje ne ovisi samo o količini svjetlosti, nego i o tome koji je dio mrežnice stimuliran. Najosjetljivije područje kojim dominiraju čunjići, žuta pjega (*fovea*), nalazi se iza leće oka. Maksimalna osjetljivost normalnog ljudskog oka na bijelo svjetlo fokusirano na žutu pjegu je za valnu duljinu od 555 nm (zeleni dio spektra). Sljepoću za boje (*daltonizam*) uzrokuje pogreška ili nedostatak u jednom ili više svojstava čunjića ili u načinu na koji čunjići „komuniciraju“ s mozgom.<sup>[4]</sup>



**Slika 2.5.** Osjetljivost pojedinih fotoreceptorskih stanica u spektralnim područjima<sup>[6]</sup>

Zonska teorija viđenja boja, objedinjuje teoriju suprotnih procesa i trikromatsku teoriju te prema modernim spoznajama pruža objašnjenje osjeta, odnosno doživljaja boja. Pojmovi trikromatski i tristimulusni su dva povezana, često i pomiješana pojma. Trikromatski doživljaj (*Young-Helmoltz* teorija) odnosi se na teoretski model, na tri vrste kolor receptora koji čine osnovu ljudskog viđenja boja. Pojam „tristimulusni“ odnosi se na mjerenja ljudskog sustava percepcije boja koji uključuju tri bojena stimulusa.<sup>[6]</sup> Za grafičku industriju bitno je to da trikromatski doživljaj boje omogućuje simuliranje svih drugih boja korištenjem samo tri primarne boje. Na taj način možemo govoriti o aditivnom, suptraktivnom i optičkom

miješanju boja. Tromost oka i sposobnost razdvajanja uzrokuju tzv. optičko miješanje boja. Miješanje boja kod višebojnih reprodukcija koje se može zvati i *autotipijsko* ili *rastersko*, nastaje modulacijom rasterskih točkica koje svojim brojem i veličinom stvaraju različit osjećaj doživljaj boje. Osjećaj svjetline rasterskim miješanjem nastaje dodavanjem onih točkica koje su komplementarne osnovnoj komponenti. <sup>[9]</sup>

### 2.1.3. Metamerija

Metamerija je pojava prilikom koje dva uzorka različitih boja, različitih spektralnih karakteristika, rezultiraju doživljajem iste boje. Na taj način kaže se da su dvije boje metamerične uslijed određenog osvjetljenja ili određenog promatrača. Dva spektralno različita uzorka boja koja rezultiraju istim doživljajem boje nazivaju se metamerima. <sup>[11,14]</sup> Procesi uvjetovani metamerijom važni su i neizbježni u svakodnevnoj tiskarskoj praksi te se, primjerice, susreću u postupku vizualne usporedbe probnog otiska i realnog otiska i sl. Promjenom spektralne energije koja dolazi na objekt, promijenit će se i spektralna energija refleksije objekta, tako da se dva objekta više ne podudaraju po svojim spektralnim razdiobama reflektiranog svjetla. Metamerne boje su boje kod kojih su iste reflektirane brojčane tristimulusne vrijednosti, a različita spektralna energija zračenja, odnosno boje različitih spektralnih energija zračenja koje se podudaraju kod promatrača. <sup>[9]</sup> Metamerija se može definirati odnosom:

$$k \int_{\lambda} \phi_{\lambda,1} x \lambda d\lambda = k \int \lambda \phi_{\lambda,2} x \lambda d\lambda$$

$$k \int_{\lambda} \phi_{\lambda,1} y \lambda d\lambda = k \int \lambda \phi_{\lambda,2} y \lambda d\lambda$$

$$k \int_{\lambda} \phi_{\lambda,1} z \lambda d\lambda = k \int \lambda \phi_{\lambda,2} z \lambda d\lambda$$

$$\phi_{\lambda,1} \neq \phi_{\lambda,2}$$

gdje  $\phi_{\lambda}$  predstavlja raspodjelu spektralne energije navedenih stimulusa, a  $x\lambda$ ,  $y\lambda$ ,  $z\lambda$  funkciju spektralne vrijednosti CIE 1931 standardnog promatrača.

Razlikuju se četiri tipa metamerije: <sup>[16]</sup>

- metamerija uvjetovana promjenom osvjetljenja;
- metamerija uvjetovana promjenom promatrača;
- metamerija uvjetovana promjenom veličine polja promatranja;
- metamerija uvjetovana promjenom geometrije promatranja.

#### **2.1.4. Mjerenje boja**

Postizanje reprodukcije istovjetne originalu često je krajnji cilj tijekom procesa tiska. Današnje su mogućnosti tiskarskih strojeva te mjerne opreme korištene u grafičkoj industriji izvanredne, međutim postupci koji vode prema ispravnoj reprodukciji i dalje su u brojnim situacijama podložni jedino subjektivnoj procjeni. Potreba za opisivanjem i modeliranjem izgleda boje dovela je do razvoja znanstvene discipline koju nazivamo kolorimetrija. Kolorimetrija je znanstvena disciplina koja u prvom redu mjeri i uspoređuje boje, postavljajući pritom modele boja u kojima se one predstavljaju na način na koji ih čovjek vidi.<sup>[17]</sup> Doživljaj boje je događaj u kojem sudjeluju izvor svjetla, predmet na koji svjetlost pada te promatrač, a mozak promatrača je mjesto na kojem se boja doživljava. Ono što se podrazumijeva pod pojmom „mjerenje boja“ jest zapravo mjerenje svjetlosti koja dolazi do oka promatrača i uzrokuje doživljaj boje. Instrumenti kojima se provodi mjerenje, mogu se svrstati u 3 kategorije: denzitometri, kolorimetri i spektrofotometri. U konačnici razliku među njima čine broj i vrsta filtera koji koriste te osjetljivost detektora.

##### **2.1.4.1. Denzitometrija**

Denzitometri su instrumenti koji mjere gustoću, stupanj u kojem reflektirajuće površine apsorbiraju svjetlost ili transparentne površine propuštaju svjetlost. Gustoća je stupanj u kojem materijali kao boja ili tiskovna podloga apsorbiraju svjetlost. Korištenje denzitometara je svakodnevno u grafičkoj industriji. Tijekom procesa tiska se s pomoću njih kontrolira jednaka gustoća bojila, osigurava se pridržavanje propisanih normativa s obzirom na različite tiskovne podloge, kontrolira se gustoća bojila prilikom tiska spotnih boja i sl. Svoju primjenu denzitometri pronalaze i u procesima kalibracije tiskarskog sustava u okruženju grafička priprema – CtP – probni otisak – otisak na tiskarskom stroju. Denzitometri ne mjere gustoću izravno, nego mjere omjer između intenziteta svjetlosti koje je zasjalo na površini ili prošlo kroz površinu promatranog predmeta i svjetlosti koje je doseglo detektor instrumenta. Ovaj omjer naziva se refleksijom ili transmisijom ovisno o tomu mjeri li se instrumentom materijal

kao bojilo ili tiskovna podloga ili materijal kao npr. film ili folija. Denzitometar je fotoelektrični uređaj koji mjeri refleksiju, odnosno transmisiju, određujući pritom veličinu optičke gustoće (logaritamsku vrijednost opaciteta ili neprozirnosti) koja se označava s „D“. U grafičkoj se industriji koriste uglavnom denzitometri koji sadržavaju filtere odgovarajućim specifičnim valnim duljinama reflektiranim od strane cyan, magenta, žutog i crnog bojila.

Optička se gustoća određuje putem sljedećih formula: <sup>[6]</sup>

$$D = \log O$$

$$O = 1/T$$

$$O = 1/R$$

$$T = I_t/I_o$$

$$R = I_r/I_o$$

$$D = \log \frac{1}{T} = \log \left( \frac{I_o}{I_t} \right)$$

$$D = \log \frac{1}{R} = \log \left( \frac{I_o}{I_r} \right)$$

gdje je D – optička gustoća obojenja, O – prozirnost (opacitet), T – propusnost (transparentnost), R – refleksija,  $I_t$  – intenzitet propuštenog svjetla,  $I_o$  – intenzitet upadnog toka svjetlosti,  $I_r$  – intenzitet reflektiranog svjetla. Područje u kojem se mjeri optička gustoća je od 0,01 do 3,5, a izražava se u logaritamskim jedinicama.

U ovisnosti o mjerenim uzorcima, optička gustoća obojenja dijeli se na:

- Analitička optička gustoća: mjeri se na jednoslojnim uzorcima s filterom komplementarne boje;
- Integralna optička gustoća: mjeri se na višeslojnim uzorcima (slojevi nanoseni jedan na drugi). Predstavlja postotak prekrivenosti površine  $D_i$  (%). Mjerenje se vrši u ljubičasto-plavom, zelenom i crvenom spektralnom području koja se nazivaju i trobojne gustoće obojenja.

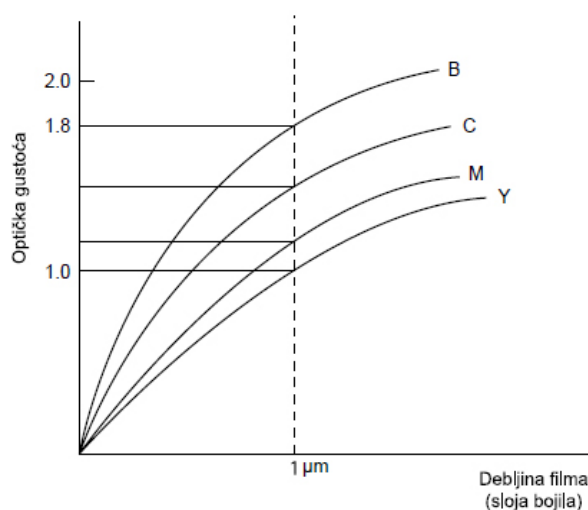
S pomoću denzitometra nije moguće izravno mjeriti nanos bojila uslijed nepoželjne refleksije koja se uvijek događa, no moguće je određivanje efektivne vrijednosti optičke gustoće. Integralnu optičku gustoću možemo odrediti kao logaritam omjera ukupne površine rasterskog polja  $S_o$  i nepokrivenog dijela te površine  $S_o - S_g$ .

$$D_i = \log ((S_o / (S_o - S_g)) \text{ } ^{[18]}$$

gdje je  $D_i$  – integralna optička gustoća,  $S$  – ukupna mjerena površina,  $S_g$  – udio prekrivene površine, odnosno vrijednost RTV (rastertonska vrijednost). Međusobna ovisnost RTV i  $D_i$ , koja vrijedi kod filmova, prikazuje se formulom:

$$\text{RTV (\%)} = (1 - 1 / 10^{D_i}) * 100 \quad [19]$$

Maksimalni ton koji se može reproducirati tijekom tiskarskog procesa zove se ukupnim nanosom, a predstavlja vrijednost maksimalne optičke gustoće  $D_{\max}$ . Denzitometrom se mjeri nanos bojila samo indirektno, budući da uslijed nepoželjne refleksije koja se događa nije moguće precizno direktno određivanje debljine nanosa bojila. Denzitometrom se određuje efektivna vrijednost optičke gustoće (Slika 2.6.).



**Slika 2.6.** Promjena veličine integralne optičke gustoće uslijed promjene debljine nanosa bojila <sup>[6]</sup>

#### **2.1.4.2. Kolorimetrija**

Cilj kolorimetrije je kreiranje numeričkog modela koji može predvidjeti kada dolazi ili ne dolazi do pojave metamerizma. Kolorimetrija predviđa boje, na način kako ih doživljava prosječan promatrač.<sup>[5]</sup> Da bi kolorimetrijski model bio uspješan, mora zadovoljiti sljedeće uvjete:

- U slučaju kada prosječan promatrač vidi iste boje (metamerija), na uzorcima dvaju uzoraka boja, kolorimetrijski model treba prikazati rezultate istih numeričkih vrijednosti;
- U slučaju kada prosječan promatrač vidi razliku na uzorcima dvaju boja, kolorimetrijski model treba prikazati različite numeričke vrijednosti te izračunati razliku među bojama.

Kolorimetrijski sustavi baziraju se na CIE sustavu boja, koji objedinjuje nekoliko važnih funkcija:

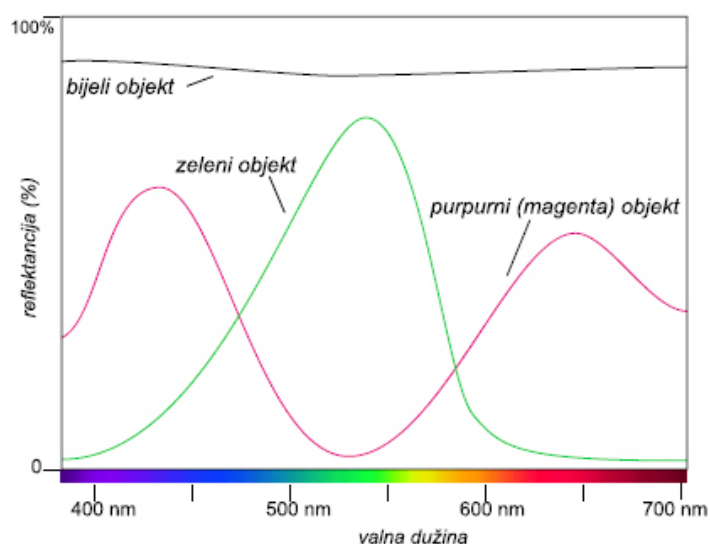
- Standardni izvor svjetla D50 i D65 kao najvažniji u grafičkoj industriji;
- Standardni promatrač je hipotetski promatrač koji boje doživljava bez vidnih anomalija;
- CIE XYZ sustav temeljnih boja predstavlja definiciju triju imaginarnih temeljnih boja izvedenih iz tristimulusnog doživljaja standardnog promatrača;
- CIE xyY dijagram predstavlja matematičku transformaciju XYZ sustava, koji se koristi prilikom grafičkog prikaza boja;
- Kolorimetrijska razlika boja ili Euklidova razlika ( $\Delta E$ ) omogućava jednostavan izračun razlike među bojama na dva uzorka te njihov prikaz unutar prostora boja i međusobnu udaljenost

Kolorimetrija se s obzirom na metode analize boja i primjenu dijeli na vizualnu (vizualni tristimulusni kolorimetar i atlas boja) i instrumentalnu (spektrofotometrijska analiza i instrumentalni kolorimetar).<sup>[6]</sup> Kolorimetri mjere svjetlost kroz filtere koji simuliraju i odgovaraju doživljaju boje koji postiže ljudsko oko te imaju mogućnost numeričkog prikaza dobivenih vrijednosti u nekom od CIE prostora boja. Većina kolorimetara posjeduje mogućnost prikaza u CIE XYZ, CIE  $L^*a^*b^*$ , CIE LUV prostoru boja, kao i izračun  $\Delta E$

razlike među bojama. Nedostaci kolorimetara su u ograničenju izbora standardnog izvora svjetla (D50 i D65) te standardnog promatrača. Kolorimetrima se može utvrditi jesu li dva uzorka jednaka pod istim uvjetima osvjetljenja, ali se njima ne može utvrditi jesu li dva uzorka metamerična.<sup>[5]</sup>

#### 2.1.4.3. Spektrofotometrija

Spektrofotometrija je znanost koja mjeri refleksiju, omjer između intenziteta svake pojedine valne duljine svjetlosti pristigle na površinu i svjetlosti jednake valne duljine reflektirane prema detektoru instrumenta. Spektrofotometri korišteni u grafičkoj industriji najčešće dijele vidljivi dio spektra na grupe od 10 nm ili 20 nm u domeni vidljivog dijela spektra od 380 do 730 nm.<sup>[12]</sup> Spektralni podaci dobiveni putem spektrofotometrijskih mjerenja sveobuhvatniji su od onih dobivenih kolorimetrijskim metodama te predstavljaju potpuni i jasni opis boje dobiven mjerenjem energije svjetla na svakoj valnoj duljini. Iz dobivene refleksije te odgovarajućih valnih duljina određuje se vrijednost spektralne informacije koja predstavlja jasni i potpuni fizički opis boje uzorka, iz čega je moguća konstrukcija spektrofotometrijske krivulje.<sup>[6]</sup>



**Slika 2.7.** Prikaz spektrofotometrijske krivulje s obzirom na različito obojene objekte<sup>[6]</sup>

## 2.2. Lakiranje u ofsetnom tisku

Postupci lakiranja u ofsetnom tisku raznovrsni su u pogledu efekata koje uzrokuju na otisnutim arcima, u pogledu primjene, ali i u pogledu tehničko-tehnoloških rješenja kojima je moguće njihove nanošenje. Osnovne funkcije koje raznovrsna lakiranja obnašaju u procesu ofsetnog tiska su:

- Mehanička zaštita otisnutih araka: otisnuti se arci često u kratkom vremenu nakon procesa tiska podvrgavaju doradnim grafičkim procesima (rezanje, savijanje, sabiranje...) pa sloj laka ovisno o vrsti omogućava zaštitu od struganja, grebanja, prenašanja svježih otisnute boje na arcima papira. Postupci lakiranja također omogućuju veću dugotrajnost otisnutog grafičkog proizvoda. U ambalažnoj industriji u određenoj mjeri utječu na zaštitu pakiranja od prodiranja tekućine i plinova.
- Vizualno poboljšanje dojma otisnutog proizvoda: ovisno o vrsti lakiranja, moguće su izvedbe različitih parcijalnih ili segmentnih lakiranja, gdje se primjerice određeni dio fotografije otisnute na mat premaznoj tiskovnoj podlozi može lakirati sjajnim lakom (ili UV sjajnim lakom), ostvarujući time isticanje određenog segmenta fotografije. Moguće su različite kombinacije parcijalnog lakiranja s obzirom na različite vrste i metode lakiranja te su njihove kombinacije često ograničene samo idejom. Isticanje postignute „sjajnosti“ otisnutog proizvoda također doprinosi vizualnom poboljšanju dojma, kao i u nekim drugim situacijama – postizanje „matiranog“ premaza procesom lakiranja.

S obzirom na navedene osnovne funkcije lakiranja, moguća je i raznovrsna primjena lakiranja. Tisak ambalažnih proizvoda, kataloga, brošura, monografija, korica često je nezamisliv bez neke vrste lakiranja. Međutim, potrebna je optimalna procjena prilikom opredjeljenja za određenu vrstu lakiranja, kako zbog financijskog aspekta, tako i zbog aspekta tehničko-tehnoloških mogućnosti izvedbe, ali i ekološkog aspekta koji lakiranje uzrokuje. Vrste lakiranja koje se najčešće koriste su: <sup>[20]</sup>

- Lakiranje na bazi ulja,
- Vododisperzivno lakiranje i
- UV lakiranje.



### 2.2.1. Lakiranje na bazi ulja

Lakovi na bazi ulja za uporabu u ofsetnom tiskarskom sustavu ne zahtijevaju posebnu tiskovnu jedinicu. Za lakiranje se koristi obična tiskovna jedinica, a proces se odvija u istom prolazu kao i tisak ostalih boja ili u posebnom prolazu. Prilikom višebojnog ofsetnog tiska, neposredno nakon otiskivanja, boja nije potpuno suha. Pod *inline* lakiranjem podrazumijeva se lakiranje mokro na mokro. Lakiranje ostvareno nakon procesa tiska, podrazumijeva lakiranje na prethodno osušenu boju te se takvo lakiranje naziva *offline* procesom lakiranja. Kvalitativni parametri otisaka u dva navedena slučaja nisu jednaki. Apliciranje se unutar tiskovne jedinice može izvoditi putem ofsetne ploče ili direktno putem ofsetne gume u ovisnosti o zahtjevu i primjeni. Prema svom kemijskom sastavu, lakovi na bazi ulja slični su procesnim ofsetnim bojilima s izuzećem pigmenta. Najčešće se sastoje od smola, sušivih ulja, mineralnih ulja te dodataka koji ostvaruju sušenje.<sup>[1]</sup> Budući da lakovi na bazi ulja ne sadržavaju pigment, za kontrolu viskoznosti ponekad se koristi glina. Kao lak koriste se laneno ulje, ulje plodova drвета tung, fenolne smole. Kao sušila koriste se kobaltove i manganove soli. Otapala su na bazi ugljikovodika, a modifikator je vosak.<sup>[21]</sup> Nanošenje lakova na bazi ulja ostvaruje se putem obične tiskovne jedinice ofsetnog stroja, a sušenje na tiskovnoj podlozi ostvaruje se procesima apsorpcije i oksidacije. Osim za poboljšanje vizualnog dojma otiska, služe prvenstveno za zaštitu otiska od mehaničkih utjecaja. Lakovima na bazi ulja moguće je ostvariti mat ili sjajni premaz. Ipak, u usporedbi s drugim načinima lakiranja, lakovi na bazi ulja ne postižu značajan efekt sjaja na tiskovnoj podlozi, a imaju i osobitost požućivanja otiska nakon određenog vremenskog perioda. Također, karakterizira ih donekle neugodan miris, zahtijevaju povećano korištenje tiskarskog pudera, a na lakiranim površinama se teže ostvaruje lijepljenje.<sup>[20]</sup> U tablici 2.1. navedene su prednosti i nedostaci lakiranja lakovima na bazi ulja u procesu ofsetnog tiska.

**Tablica 2.1.** Prednosti i nedostaci lakiranja na bazi ulja

Prednosti	Nedostaci
Jednostavan postupak lakiranja	Sporo sušenje laka
Poboljšavanje sušenja otisnute boje	Povećano pudranje u tisku
Ostvarivanje mehaničke zaštite otisnute boje	Slabiji efekt sjajnosti ili matiranosti
Dobra interakcija s nealkalnim bojilima	Požućivanje otisaka nakon određenog vremena
Jednostavno parcijalno lakiranje	Karakterističan miris

### 2.2.2. Vododisperzivno lakiranje

Vododisperzivno lakiranje je lakiranje lakovima na vodenoj bazi. Do sušenja otisaka lakiranih vododisperzivnim lakom dolazi isparavanjem vode pod utjecajem infracrvenih (IR) zraka. Ovaj način lakiranja najveću primjenu nalazi u ambalažnoj industriji. S novim konstrukcijama tiskarskih strojeva te povećanim tehničko-tehnološkim mogućnostima, vododisperzivno se lakiranje koristi također i prilikom tiska drugih, svakodnevno prisutnih grafičkih proizvoda. Osim lakiranja cijelih araka u mat i sjajnoj inačici, moguće je i parcijalno lakiranje otisaka. Glavni sastojci vododisperzivnih lakova su fino dispergirane mješavine modificiranih akrilnih smola, vodotopivih smola, voska i aditiva u vodi. Udio suhe tvari 35 – 45 %. <sup>[20]</sup> Tablica 2.2. daje prikaz omjera sastojaka vododisperzivnog laka.

**Tablica 2.2.** Prikaz sastava vododisperzivnog laka <sup>[44]</sup>

Komponenta	Udio (%)
Akrilna disperzija smole	40
Akrilna otopina smole	28
Emulzija voska	12
Disperzija voska	5
Sredstvo protiv stvaranja pjene	1
Voda	6
2-propanol	8
Ukupno	100

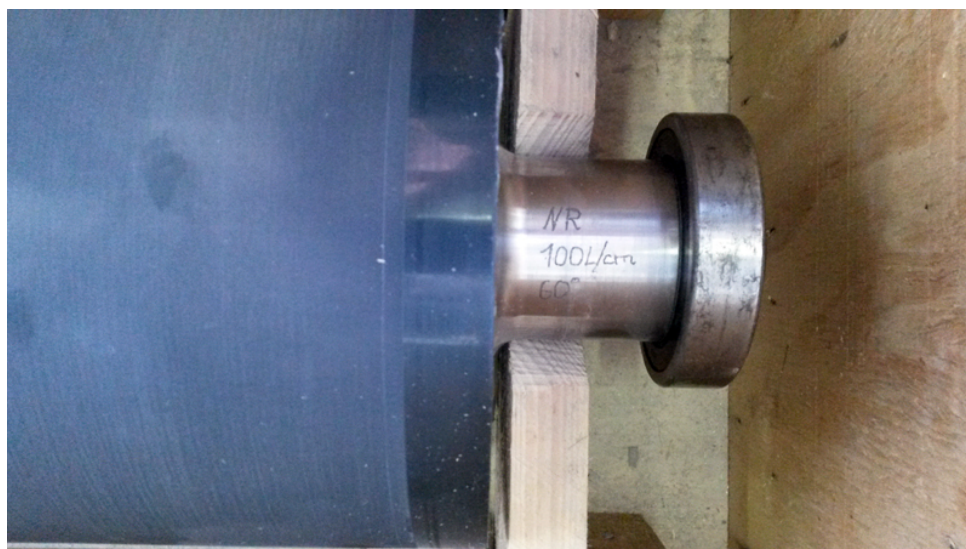
Neke od glavnih prednosti i nedostataka postupka vododisperzivnog lakiranja prikazani su u tablici 2.3.

**Tablica 2.3.** Prednosti i nedostaci vododisperzivnog lakiranja

Prednosti	Nedostaci
Postizanje većeg sjaja u odnosu na lakove na bazi ulja	Postupak pripreme stroja dugotrajniji od onog s lakiranjem lakom na bazi ulja
Glatka površina mat ili sjajnog premaza	Otežano lakiranje papira manje gramature
Dobra mehanička zaštita proizvoda	U slučaju neispravnog lakiranja, mogućnost sljepljivanja naklade
Brzo sušenje otisaka	Kod izrade formi za parcijalno lakiranje, dodatni trošak je izrada forme
Smanjena štetnost za okoliš	
Ne dolazi do požućivanja otiska	
Jeftinija sirovina u odnosu na lakove na bazi	

ulja	
Nema intenzivnog mirisa	
Smanjeno pudranje otisaka	

Uslijed svojstva vododisperzivnih lakova da se vrlo brzo suše, nije ih moguće koristiti s običnom tiskarskom jedinicom, kao što je to slučaj kod korištenja lakova na bazi ulja. Vododisperzivno lakiranje zahtijeva posebnu tiskovnu jedinicu za lakiranje koja se sastoji od sustava nekoliko valjaka, a lak se prenosi direktno putem pripremljene tiskovne forme s cilindra za lakiranje. Riječ je o sustavu koji je otvorenog tipa s valjkom duktrom i kromiranim valjkom za nanošenje laka. Za razliku od spomenutog, postoji i zatvoreni sustav vododisperzivne jedinice za lakiranje koja sadrži komorni rakel i aniloks valjak. O svojstvima korištenog aniloks valjka (volumen čašica koje mogu primiti lak, linijaturi rastera aniloks valjka te oblik rastera) ovisi i debljina nanesenog sloja laka, a time i postignuti efekt sjaja u ovisnosti o korištenoj tiskovnoj podlozi. Oba sustava prikazana su na slici 2.10. te su svojom konstrukcijom jednaka fleksografskim tiskovnim jedinicama. Sami aniloks valjak, koji ima ulogu zaprimanja laka i njegov prijenos prema tiskovnoj podlozi, na svojoj površini ima ugraviran raster ili tzv. „čašice“ koje mogu biti različitih oblika i dubina. Neki od mogućih oblika su piramidalne strukture, heksagonalne i sl. Ugravirani raster čini mrežu koja ima određenu gustoću i linijaturu te se ona najčešće kreće u vrijednostima 100 – 460 LPI.

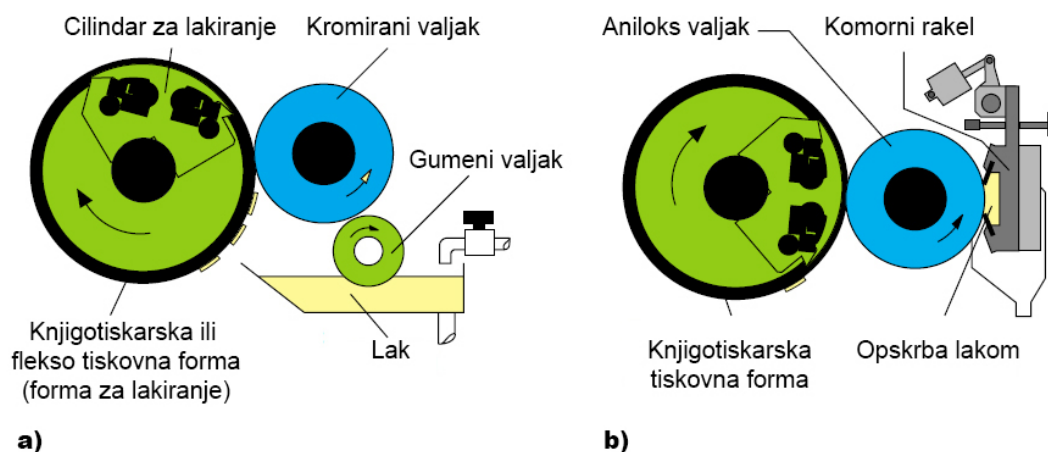


*Slika 2.8. Prikaz aniloks raster valjka s tvorničkim ugraviranim vrijednostima linijature*



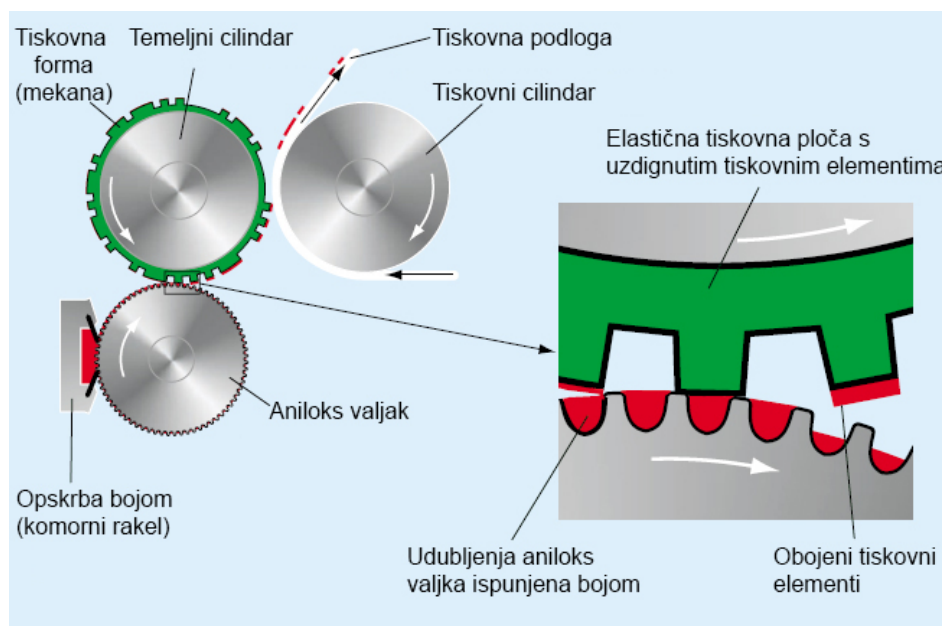
**Slika 2.9.** Prikaz aniloks raster valjka unutar jedinice za vododisperzivno lakiranje

Sušenje otisaka lakiranim vododisperzivnim lakom odvija se uslijed hlapljenja vode, procesa potpomognutog vrućim zrakom pa stoga sustave koji služe vododisperzivnom ili UV lakiranju uvijek promatramo u kombinaciji s pripadajućom jedinicom za sušenje (vrućim zrakom, IR ili UV). Neposredno nakon isparavanja dijela vode sadržanog u laku, otisnuta površina više nije ljepljiva. U idealnoj situaciji učinkovito sušenje postiže se ispravnim omjerom apsorpcije laka i isparavanja vode, koristeći pritom minimalno zagrijavanje te maksimalni protok zraka kroz sustav za sušenje.



**Slika 2.10.** Prikaz sustava za nanošenje vododisperzivnog laka u sklopu ofsetnih tiskarskih strojeva: a) otvoreni sustav s valjcima; b) zatvoreni sustav s komornim rakelom i aniloks valjkom <sup>[1]</sup>

Često lakiranjem nije moguće postići dovoljno veliki intenzitet sjajnosti pa se u ofsetnim tiskarskim sustavima ponegdje primjenjuje i sustav s više od jedne jedinice za lakiranje. U tom slučaju, prva lak jedinica nanosi primer lak, potom slijedi jedinica za sušenje, zatim druga lak jedinica koja nanosi pravi sloj laka te naposljetku slijedi dulja jedinica za sušenje (najčešće neposredno prije izlagaćeg aparata). Na ovaj način postiže se povećana količina sjajnosti, budući da se drugi sloj vododisperzivnog laka nanosi na već pripremljenu i primer lakom zatvorenu i glatku površinu otiska. Vododisperzivno lakiranje zahtijeva prethodno pripremljenu fleksibilnu fleksografsku tiskovnu formu (lak forma sa samoljepljivom podlogom, lak tiskovna forma u kombinaciji sa setom podložaka, fotopolimerna ploča, obična ofsetna gumena navlaka...), koja se postavlja na cilindar jedinice za lakiranje (Slika 2.11.). Takva forma može služiti za lakiranje kompletne površine otiska, ali i za parcijalno lakiranje. U slučaju parcijalnog lakiranja moguće je ručno izrezivanje površine fleksibilne forme (u slučaju jednostavnog oblika) ili računalno upravljano izrezivanje (u slučaju složenih oblika). Tako pripremljene tiskovne forme prenosit će lak na otisnutu površinu samo na mjestima na kojima nisu izrezane.



**Slika 2.11.** Shematski prikaz fleksografske jedinice za vododisperzivno lakiranje <sup>[1]</sup>

Usklađivanje i optimiziranje svih faktora koji utječu na ispravan postupak vododisperzivnog lakiranja ponekad može predstavljati problem, pogotovo kada se u obzir uzme iznimno veliki broj na tržištu dostupnih tiskovnih podloga, lakova, kao i tehničko-tehnoloških mogućnosti za

provedbu lakiranja. Svojstvo tiskovne podloge da apsorbira i zadržava vlagu svakako je jedan od najvažnijih čimbenika koji može utjecati na učinkovito sušenje vododisperzivnog laka. Za ostvarenje uspješnog lakiranja te postizanje odgovarajućeg sjaja, ključna je površinska napetost svih uključenih parametara: korištenog laka, aniloks valjka, fleksibilne lak forme. Vododisperzivni lak mora imati odgovarajuću viskoznost, a aniloks valjak odgovarajući raster u ovisnosti o korištenoj tiskovnoj podlozi.<sup>[24]</sup> Većom količinom prenesenog laka na tiskovnu podlogu postiže se veći efekt sjajnosti, ali neispravnim se postupkom mogu generirati i problemi, kao sljepljivanje otisnute naklade, valovita i neravno otisnuta naklada koja postaje problematična u daljnjim fazama grafičke dorade i sl. Većinu vode koja se nalazi u vododisperzivnom laku apsorbira tiskovna podloga (papir ili karton). Nakon što otisnuti i lakirani arci prolaze sustav za sušenje, voda isparava ne samo iz vododisperzivnog laka, nego i same tiskovne podloge. Povećanom količinom nanesenog laka, povećava se količina apsorbirane vode u tiskovnoj podlozi te stoga tiskovne podloge male gramature dozvoljavaju tanki nanos laka.

### 2.2.3. UV lakiranje

Postupak lakiranja UV lakom, za razliku od lakiranja lakovima na bazi ulja i vododisperzivnog lakiranja, omogućuje postizanje najvećeg efekta sjajnosti. Također, lakiranu površinu odlikuje i velika glatkoća na dodir, kakva se ne može postići prethodno spomenutim načinima lakiranja. Po svom su sastavu UV lakovi drugačiji od drugih vrsta lakova. Glavne su komponente tekuće smole i njihovi derivati, aditivi i fotoinicijatori.

**Tablica 2.4.** Generalni sastav i funkcije komponenti UV laka<sup>[22]</sup>

Komponenta	Udio	Funkcija
Oligomerne smole	25 – 90 %	Formiranje filma, osnovna funkcija
Reaktivna sredstva za razrjeđivanje	15 – 60 %	Podešavanje viskoziteta
Fotoinicijatori	1 – 8 %	Iniciranje polimerizacije
Aditivi	1 – 50 %	Pigmenti, punila, stabilizatori itd.

Pod utjecajem UV zračenja dolazi do lančane reakcije polimerizacije cjelokupne količine nanesenog laka te se stvara čvrsti sloj na površini otiska. Tijekom procesa polimerizacije, pod utjecajem UV zračenja, fotoinicijatori se raspadaju na kemijski reaktivne radikale koji iniciraju umrežavanje monomera u čvrsti plastični sloj. Bez djelovanja UV zračenja, UV

lakovi ostaju u tekućem stanju. Neki od glavnih prednosti i nedostataka postupka UV lakiranja prikazani su u tablici 2.5. <sup>[20,23]</sup>

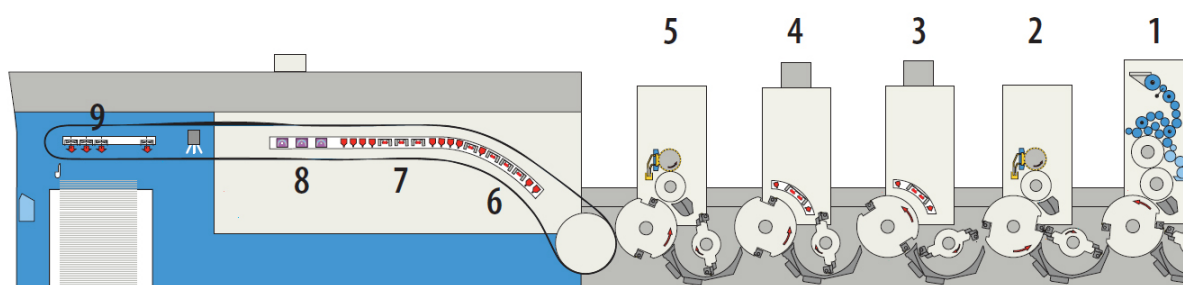
**Tablica 2.5.** Prednosti i nedostaci UV lakiranja u okvirima grafičke industrije

Prednosti	Nedostaci
Postizanje vrlo velikog sjaja	Lakiranje trodimenzionalnih objekata zahtijeva kompleksne jedinice
Trenutno sušenje	Mogućnost iritacije kože prilikom primjene određenih materijala
Financijska i vremenska ušteda	Teško postizanje jako matiranih površina
Nepostojanje hlapljivih organskih spojeva (VOC)	Visoki udio pigmenata pri velikim debljinama filmova može stvoriti probleme kod sušenja
Mogućnost tiska na neupojne tiskovne podloge	Održavanje UV jedinica zahtijeva kvalificirano osoblje
Mogućnost tiska na podloge osjetljive na toplinu	Relativno visoki troškovi sirovina repromaterijala
Izvrсна mehanička zaštita proizvoda	Moguća prisutnost neugodnih mirisa
Mogućnost izvedbe različitih osjeta mirisa	
Mogućnost izvedbe različitih vizualnih efekata (biserni, metalni i sl.)	
Jednostavno parcijalno lakiranje	
Relativno mala ulaganja u slučaju UV jedinice	
Relativno mali zahtjevi za dostupnim prostorom	

Osim u grafičkoj industriji, UV lakovi se najviše koriste u drvnoj i automobilskoj industriji. Porast uporabe UV lakova u grafičkoj industriji u periodu 1995. – 2004. godine iznosio je 11 %, a u periodu 2004. – 2015. godine bio je gotovo upola manji (6 %). UV polimerizirajući sustavi u grafičkoj industriji se osim u proizvodnji lakova koriste i za proizvodnju UV ofsetnih, fleksografskih i sitotiskarskih bojila. Tržište UV sustava namijenjenih grafičkoj industriji daleko je najveće u globalnim razmjerima u odnosu na sva druga tržišta koja koriste UV tehnologiju. <sup>[22]</sup> S obzirom na mogućnost korištenja različitih bojila, postupak UV lakiranja je nužno razlikovati u ovisnosti o lakiranju otisaka s klasičnim ofsetnim bojilima, UV ofsetnim bojilima te hibridnim bojilima. Prilikom otiskivanja s klasičnim ofsetnim bojilima s UV lakiranjem otisaka moguće je smanjenje sjajnosti boje uslijed nemogućnosti oksidativnog sušenja bojila. Otisnuta boja u takvim uvjetima dijelom prodire u tiskovnu podlogu, a dijelom dolazi do reakcije s nanesenim slojem laka koji prodire u mokro bojilo,



osobito na dijelovima s većom pokrivenosti bojom. Kako bi se izbjegla pojava smanjenog sjaja, prilikom tiska mokro na mokro, prethodno nanošenju UV laka, potrebno je ostvariti nanos primer laka koji sprječava miješanje bojila i UV laka. Na ovaj način, ostvaruje se tisak i lakiranje u jednom prolazu kroz tiskarski stroj, ali je za nanos primer laka potrebno imati dodatnu tiskovnu jedinicu te dodatne jedinice i konfiguraciju tiskarskog stroja koja može ostvariti ispravno sušenje primer laka. Kod tiskarskih strojeva koji imaju mogućnost nanošenja primer laka, kao primer lak se najčešće nanosi vododisperzivni lak te nakon toga UV lak. Vododisperzivni primer lak je potrebno osušiti prethodno nanošenju UV laka te iz toga razloga tiskarski stroj treba biti opremljen s dodatnom jedinicom za sušenje IR zrakama i vrućim zrakom. Primjer navedene konstrukcije stroja vidljiv je na slici 2.12.



**Slika 2.12.** Shematski prikaz konstrukcije tiskarskog stroja prilagođenog nanosu primer laka  
 1) posljednja tiskovna jedinica; 2) vododisperzivna primer lak jedinica s aniloks valjkom; 3,4) dvije jedinice namijenjene sušenju vododisperzivnog laka IR zračenjem i vrućim zrakom; 5) lak jedinica za nanošenje UV laka; 6,7) produženi izlagači aparata tiskarskog stroja opremljen IR sušenjem i sušenjem vrućim zrakom; 8) jedinica za UV-A/B/C zračenje; 9) sustav za otklanjanje preostalog ozona i pudera <sup>[24]</sup>

Mogućnost sušenja otisaka prije lakiranja također je opcija i ne zahtijeva nanošenje primer laka, ali je u tom slučaju potreban drugi prolaz kroz tiskarski stroj u svrhu lakiranja.

UV lakiranje otisaka s apliciranim UV bojama zahtijeva posebna tehničko-tehnološka rješenja te drugačiju konstrukciju strojeva. Nakon svake tiskovne jedinice smješteni su uređaji za sušenje, tako da dolazi do trenutnog sušenja bojila, što omogućuje nanošenje UV laka na prethodno pripremljenu tiskovnu podlogu, bez prisutnosti i potrebe za primer lakom. Za razliku od vododisperzivnih lakova, UV lakovi ne sadrže hlapljive sastojke te je stoga debljina nanesenog laka u tekućem stanju jednaka debljini osušenog laka, uz napomenu da je apsorpcija laka unutar tiskovne podloge zanemariva. UV lakovi na tiskovnoj podlozi postižu relativno veliku debljinu nanesenog sloja (oko 8  $\mu\text{m}$ ) te je stoga postignuta sjajnost veća od one koja se postiže vododisperzivnim lakovima (debljina nanesenog sloja laka kod



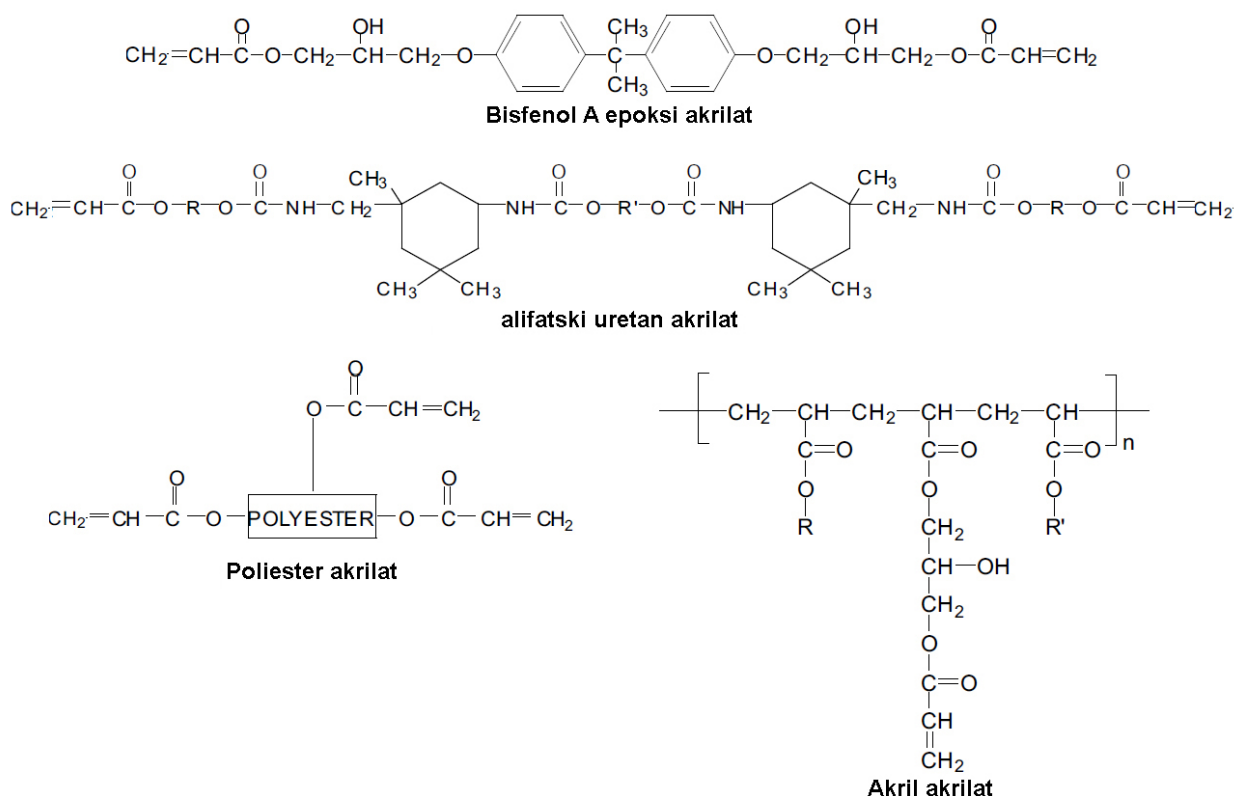
vododisperzivnog lakiranja je oko 3  $\mu\text{m}$ ). Nanošenjem UV laka tehnikom sitotiska moguće je postići dovoljno veliki nanos laka da se stvori reljef koji se može osjetiti dodirom (npr. *Braille lak*).<sup>[1]</sup> UV lakovi su svojim sastavom slični UV bojama:

- Akrilni oligomeri – omogućuju umrežavanje i imaju ključnu ulogu u postizanju viskoznosti. Neki od najčešće korištenih u svrhu pripravljanja UV lakova prikazani su u tablici 2.6.

**Tablica 2.6.** Prikaz tipova akrilnih oligomera i pripadajućih svojstava

Tip oligomera	Svojstva
Epoksi akrilat	Povećava reaktivnost, tvrdoću, kemijsku otpornost, smanjuje troškove
Alifatski uretan akrilat	Povećava fleksibilnost, čvrstoću, tvrdoću, kemijsku otpornost, smanjuje požucivanje
Aromatski uretan akrilat	Povećava fleksibilnost, čvrstoću, tvrdoću, kemijsku otpornost, smanjuje požucivanje, smanjuje troškove (u odnosu na alifatski uretan akrilat)
Poliester akrilat	Povećava svojstvo vlaženja, smanjuje viskoznost
Akril akrilat	Povećava svojstvo adhezije

Strukture akrilnih oligomera prikazani su na slici 2.13.



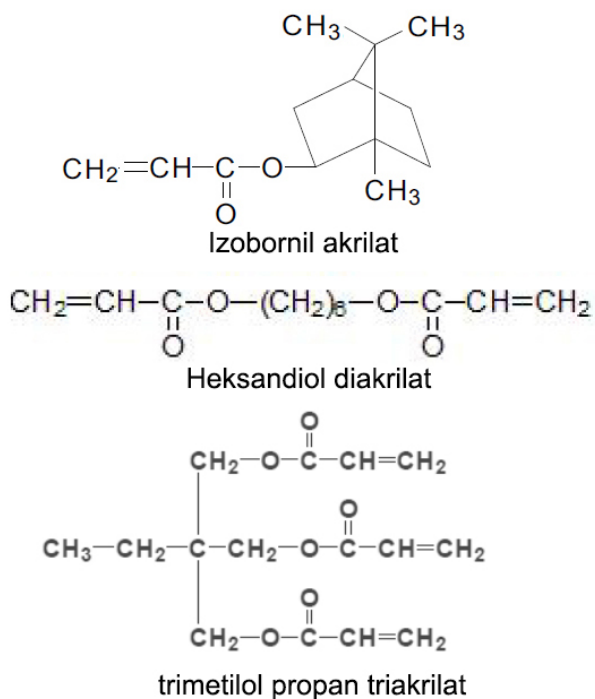
**Slika 2.13.** Strukture akrilnih oligomera: a) bisfenol A epoksi akrilat; b) alifatski uretan akrilat; c) poliester akrilat; d) akril akrilat

- Akrilni monomeri – omogućuju sjajnost, tvrdoću laka te omogućuju otpornost na mehanička oštećenja. Najčešće sadrže 1 – 4 akrilatne skupine, a molekularna masa se kreće od 150 do 500. Akrilni monomeri polimeriziraju s akrilnim oligomerima stvarajući sastavni dio osušenog sloja laka te kao takvi imaju ključnu ulogu u formulaciji i sastavu laka. Razlikujemo sljedeće akrilne monomere, a prema tablici 2.7.

**Tablica 2.7.** Prikaz tipova akrilnih monomera i pripadajućih svojstava

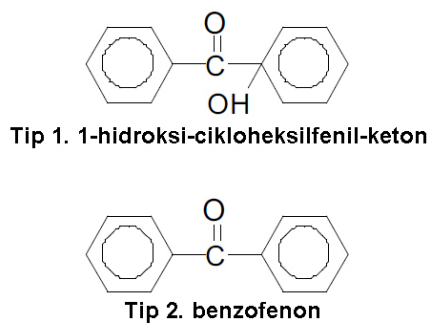
Tip monomera	Svojstva
Monofunkcionalni	Umanjuju umrežavanje, smanjuju skupljanje, povećavaju adheziju, smanjuju viskoznost, smanjuju kemijsku otpornost i reaktivnost
Difunkcionalni	Omogućuju dobar omjer između fleksibilnosti, tvrdoće, smanjenja viskoznosti, kemijske otpornosti i reaktivnosti
Trifunkcionalni	Poboljšavaju umrežavanje, kemijsku reaktivnost, tvrdoću, otpornost na mehaničke utjecaje, a umanjuju fleksibilnost, adheziju te ne utječu na smanjenje viskoznosti

Strukture akrilnih monomera prikazani su na slici 2.14.



**Slika 2.14.** Strukture akrilnih monomera: a) izobornil akrilat; b) heksandiol diakrilat  
c) trimetilol propan triakrilat

- Fotoinicijatori – omogućuju sušenje i otvrdnjavanje. Određeni fotoinicijatori reagiraju samo na UV zračenje kompatibilnih valnih duljina te omogućuju proces polimerizacije. Udio fotoinicijatora u ukupnom sastavu UV lakova iznosi 0,5 – 15 %. Razlikujemo dva glavna tipa slobodnih radikala fotoinicijatora: Tip 1 i Tip 2. <sup>[31,32]</sup> Tip 1 fotoinicijatori se pod utjecajem zračenja rastavljaju na dva slobodna radikala, a jedan od slobodnih radikala započinje proces polimerizacije. Najčešće korištena vrsta ovoga fotoinicijatora je *1-hidroksi-cikloheksilfenil-ke-ton*.



**Slika 2.15.** Struktura fotoinicijatora: a) 1-hidroksi-cikloheksilfenil-ke-ton; b) benzofenon

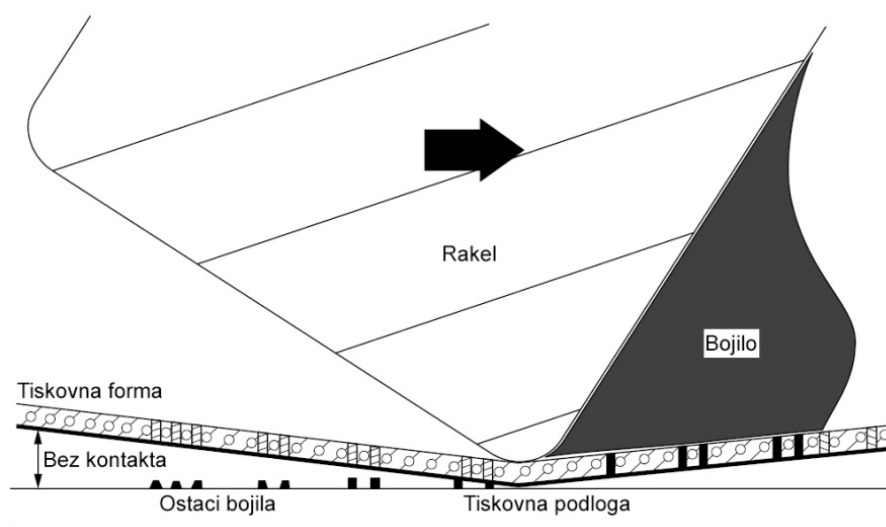
Tip 2 fotoinicijatori u pobuđenom stanju nakon zračenja izdvajaju atom ili elektron iz donorske molekule. Donorska molekula tada postaje inicijator polimerizacije. Kao Tip 2 fotoinicijator najčešće se koristi benzofenon (Slika 2.15.).

- Aditivi – pigmenti, punila, sredstva za smanjenje pjenjenja, sredstva za smanjenje površinske napetosti.

UV lakovi sadrže sintetičke smole s ugrađenim fotoinicijatorima. Slobodni radikali ili kationi oslobađaju se uslijed izlaganja UV-C zračenju i potiču stvrdnjavanje sintetičkih smola. Proizvođači UV lakova za farmaceutsku i prehrambenu industriju koriste fotoinicijatore koji nakon raspadanja ne ispuštaju sastojke koji bi potencijalno mogli migrirati u ambalažu te naškoditi ljudskom zdravlju. Sintetičke smole u kojima fotoinicijatori potiču polimerizaciju nakon raspadanja sastoje se od reaktivnih organskih molekula, nešto monomera, oligomera, prepolimera. Budući da kationski lakovi sadrže fotoinicijatore formirane od organskih kiselina, takvi lakovi nisu primjereni za korištenje na alkalnim tiskovnim podlogama (npr. papir koji ima premaz od kalcij-karbonata) jer postoji opasnost od sljepljivanja lakirane naklade te smanjenja sjajnosti. Lakovi koji se stvrdnjavaju pod utjecajem UV zračenja zahtijevaju uporabu izvora svjetlosti koji pokriva valne duljine od UV-C (280 nm – 100 nm) do UV-B (315 nm – 280 nm).<sup>[25]</sup> Dijeljenje na UV-A (380 nm – 315 nm) zračenje nije moguće jer pigmenti UV i hibridnih boja apsorbiraju UV-B/C zračenje različito, u ovisnosti o tonu boje.<sup>[24]</sup> U pravilu, kratkovalno zračenje prodire u površinu te potiče stvrdnjavanje i formiranje sloja filma, dok dugovalno zračenje prodire u dublje slojeve podloge te uzrokuje prodiranje laka u tiskovnu podlogu. Različite tiskovne podloge reagiraju na različite načine na UV lakiranje. Papiri i kartoni s vrlo glatkom površinom te malim stupnjem apsorpcije dobro reagiraju s UV lakovima budući da smanjuju penetraciju UV laka u podlogu. Tiskovne podloge s hrapavom površinom, a malim svojstvom upijanja, zahtijevaju manje boje, no površinska hrapavost utječe na smanjenu otpornost na otiranje. Podloge s visokim stupnjem upijanja nisu odgovarajuće za postupak UV lakiranja budući da mogu značajno smanjiti svojstvo sjajnosti, a fotoinicijatori koji lako prodiru u brzo upijajuću strukturu mogu izbjeći UV zračenje, što za posljedicu može imati nedovoljno osušeni lak.<sup>[24]</sup>

Osim *inline* načinom, UV lakiranje može se provoditi i *offline* ili unutar tiskarskog stroja ili koristeći posebne strojeve za lakiranje, ali i sitotiskarsku tehniku. Sitotisak je jedinstvena tehnika kojom je moguć tisak boja ili tekućih lakova na različite tiskovne podloge različitih oblika i površinskih svojstava. Sitotiskom se boja utiskuje kroz mrežu, a matrica na mreži je zapravo tiskovna forma. Sitotiskarska mreža je najčešće od plastičnih ili metalnih vlakana. Na

pripremljenoj matrici mreže, boja prolazi kroz mjesta na kojima je mreža otvorena (tiskovna površina), a ne prolazi kroz zatvorena mjesta (slobodna površina). Brojni su faktori koji utječu na kvalitetu reprodukcije sitotiskarskog otiska, a najvažniji su korišteni materijali (tiskovna podloga, materijal mreže), gustoća mreže, debljina mreže, rakel, itd. Slika 2.16. daje prikaz i shemu sitotiskarske tehnike tiska.



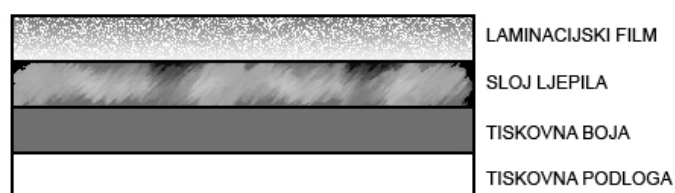
**Slika 2.16.** Shematski prikaz sitotiska <sup>[26]</sup>

### 2.3. Termalni laminacijski postupci

Termalni laminacijski postupak odnosno postupak plastifikacije, izuzetno je čest u grafičkoj industriji. Najčešće predstavlja prvi korak u procesu grafičke dorade. Kao osnovni sastojak termalnih laminacijskih folija važno je spomenuti polipropilen (PP) molekularne formule  $(C_3H_6)_n$  te njegovu varijaciju biaksialno orijentirani polipropilen (BOPP).<sup>[27]</sup> BOPP (*Biaxially Oriented Polypropylene*) folije su zbog svoje ekonomičnosti počele dominirati tržištem u posljednjih 35 godina. Osnovni polimer korišten u proizvodnji navedenih folija je polipropilen koji se dobiva iz nafte, a sastoji se samo od ugljikovih i vodikovih atoma. Biaksijalna orijentacija omogućava rastezanje folije u dva različita smjera. Takvo svojstvo doprinosi većoj dimenzionalnoj stabilnosti materijala, većoj krutosti, boljim optičkim svojstvima te doprinosi većoj otpornosti od vode i plinova. Osnovni postupci prilikom proizvodnje BOPP folija su:

- koekstruzijski proces,
- orijentacija filma u dva smjera,
- primarno rezanje BOPP filma i
- sekundarno rezanje ili metalizacija.

Plastični otpad, uključujući i BOPP filmove, mogu biti reciklirani te korišteni u različite svrhe. Prilikom spaljivanja, oslobađaju se jedino ugljik dioksid i vodena para, bez onečišćenja. Ipak, za razliku od celuloznih proizvoda, BOPP proizvodi nisu biorazgradivi. U konačnom proizvodu laminacijske folije jedna strana ima svojstva BOPP filma, a druga postaje termo osjetljiva površina koja se koristi za suhu/termalnu laminaciju. Osnovni vezivni sastojak laminacijske folije koja omogućava prijanjanje na otisnutu površinu je etilen-vinil acetat (također poznat kao EVA), molekularne formule  $C_6H_{10}O_2$ .<sup>[28]</sup> Slika 2.17. prikazuje presjek laminiranog otiska te sve pripadajuće komponente.



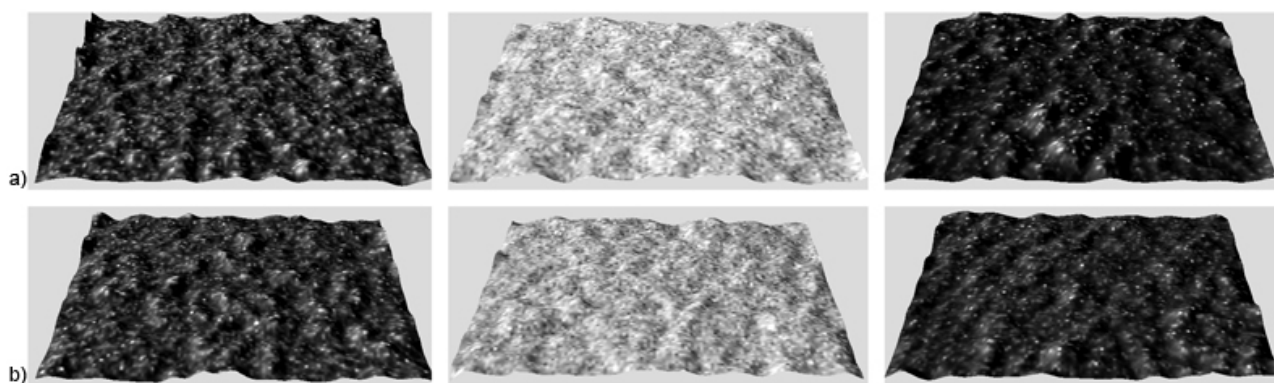
**Slika 2.17.** Shematski prikaz presjeka laminiranog otiska<sup>[29]</sup>

Sjajna ili mat laminacijska folija, osim vizualnih pogodnosti, pruža i vrlo učinkovit način zaštite grafičkog proizvoda s obzirom na grebanje, vlaženje te dugotrajnost samog otiska. S obzirom na sjajnu ili mat laminacijsku foliju, u kombinaciji sa sjajnom ili mat premaznom tiskovnom podlogom najčešće će doći i do određenog stupnja redukcije gamuta reprodukcije. Iako se laminacijska folija čini transparentnom, ona ipak ima određeni opacitet i zadržat će određeni postotak svjetlosti koja bi se inače reflektirala od otiska da nije laminiran. Također, uslijed laminacijske folije sama putanja svjetlosti do otiska je drugačija. Posljedica navedenoga je da prilikom usporedbe nelaminiranog i laminiranog otiska dolazi do promjena u svim dijelovima CIE L\*a\*b\* sustava. Vrijednost prirasta rasterskog elementa je povećana na laminiranim podlogama, prvenstveno zbog toga što laminacijska folija djeluje kao povećalo pa se zapravo govori o značajnom optičkom prirastu rasterskog elementa. <sup>[30]</sup> U tablici 2.8. prikazane su osnovne prednosti i nedostaci prilikom korištenja laminacijskih postupaka.

**Tablica 2.8.** Prednosti i nedostaci laminacijskih postupaka u grafičkoj proizvodnji

Prednost	Nedostatak
Veća mehanička otpornost na vanjske utjecaje	Povećano vrijeme sušenja prije laminacijskog postupka
Veća otpornost na abraziju	Laminacijska folija bolje prianja na neotisnute nego otisnute površine
Viša otpornost otiska na UV zračenja	Mogućnost pojave statičkog elektriciteta
Otpornost na vlaženje	Problematičnost primjene na tiskovne podloge malih gramatura
Poboljšani vizualni dojam otiska	Ovisnost o površinskoj strukturi i smjeru vlaknaca tiskovne podloge
Omogućavanje bržih ostalih doradnih procesa	Promjena subjektivnog i objektivnog doživljaja boje

Termalni laminacijski postupci, u ovisnosti o sjajnoj ili mat foliji, osim kolorimetrijskih promjena otisnutih boja, uzrokuju i različite promjene površinskih svojstava tiskovne podloge, kako je i vidljivo na slici 2.18.



**Slika 2.18.** Prikaz otisnutih uzoraka s obzirom na različite metode laminacije pri povećanju 200x: od lijeva prema desno, bez laminacije, s mat laminacijom, sa sjajnom laminacijom  
a) mat premazna tiskovna podloga; b) sjajno premazna tiskovna podloga <sup>[29]</sup>

## 2.4. Hrapavost tiskovne podloge

Hrapavost tiskovne podloge jedan je od najvažnijih čimbenika tijekom procesa proizvodnje papira, koji uvelike utječe na mogućnost naknadnog otiskivanja na proizvedenu tiskovnu podlogu, kao i na mogućnost realizacije kvalitetne i zadovoljavajuće reprodukcije. Iz toga je razloga jedna od temeljnih podjela korištenih tiskovnih podloga u tiskarskom procesu na premazne i nepremazne papire – odnosno na one glatke i hrapave. Korištena tiskovna podloga utječe na sami proces tiska i na dobivanje optimalne kvalitetne reprodukcije (postizanje većeg gamuta, prihvaćanje bojila na tiskovnu podlogu, sušenje bojila te naknadne doradne procese).

### 2.4.1. Metode određivanja hrapavosti

Najčešće korištene metode za laboratorijsko ispitivanje hrapavosti (glatkosti) tiskovne podloge, prema PPS (*Parker Print Surf*), Bendtsen ili Bekk metodama, baziraju se na količini propuštenog zraka između ispitivanog uzorka i neke glatke (staklene ili metalne) površine. Posljedično, većom količinom propuštenog zraka između standardiziranih mjernih površina, definira se veća hrapavost promatranog uzorka. Vrijednosti hrapavosti tiskovne podloge izražavaju se u mikrometrima ili mililitrima u sekundi. Spomenute metode mjerenja hrapavosti tiskovne podloge pružaju relevantne rezultate iako hrapavost mjere indirektno. Osim metoda koje se baziraju na mjerenju propuštenog zraka između promatranog uzorka i neke glatke površine, hrapavost se određuje i optičkim te profilometrijskim metodama.



Optičke metode mjerenja baziraju se na interakciji između svjetlosti i promatrane površine. Profilometrijske metode mjere stvarnu topografiju površine te se baziraju na pokretnoj igli koja prelazi preko površine promatranog uzorka te na taj način definira hrapavost. Profilometrijske metode mogu se provoditi i laserom.

Glatkost tiskovne podloge kao mjera u kojoj je površina tiskovne podloge oslobođena nepravilnosti i nejednakosti komplementarna je hrapavosti – mjeri u kojoj su nepravilnosti i nejednakosti prisutne na površini promatrane podloge.<sup>[33]</sup> Prosječna hrapavost  $R_a$  je područje između profila hrapavosti i njegove srednje linije ili integral apsolutne vrijednosti visine profila hrapavosti po duljini vrednovanja:

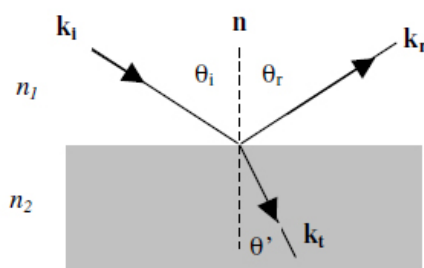
$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L z(x) dx$$

gdje je  $L$  duljina profila, a  $z(x)$  je vrijednost apsolutne visine referentnog profila u točki  $x$ . Nekoliko je kategorija u koje je moguće svrstati hrapavost papira:<sup>[34]</sup>

- optička hrapavost na skali  $< 1 \mu\text{m}$ ,
- mikrohrapavost  $1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ ,
- makrohrapavost  $0,1 \text{ mm} - 1 \text{ mm}$ .

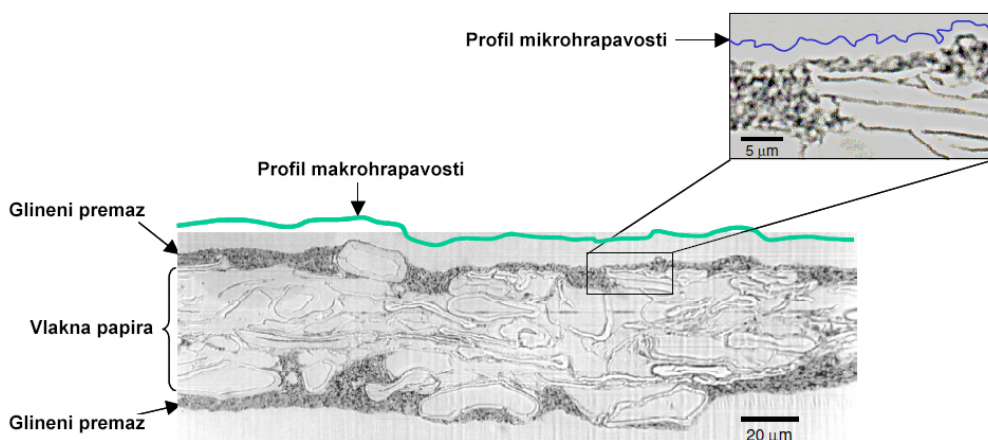
Sve navedene kategorije utječu na sjajnost tiskovne podloge, a makrohrapavost je presudan parametar s obzirom na mogućnost otiskivanja i lakiranja tiskovne podloge.

Kod savršeno glatke površine, dolazi do zrcalne refleksije svjetlosti. U većini slučajeva promatramo površine koje nisu savršeno glatke pa u tom slučaju dolazi do difuzne refleksije.



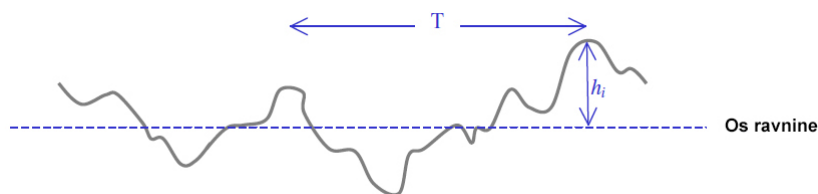
**Slika 2.19.** Shematski prikaz refleksije i refrakcije s obzirom na savršeno glatku površinu<sup>[35]</sup>

Hrapavost se pojavljuje u različitim intenzitetima, ali za definiranje se najčešće koriste mikrohrapavost (manja od valne duljine svjetlosti) i makrohrapavost (veća od valne duljine svjetlosti).<sup>[35]</sup> Važno je istaknuti da hrapavost ovisi o metodi kojom se provodi mjerenje. Primjerice, mjerenjem hrapavosti profilometrijom – igla koja putuje površinom promatrane podloge, bilježi njene nepravilnosti te se generira svojevrsni „profil“ površine. Međutim, u ovisnosti o veličini igle, generirat će se različiti profili. Nasumična hrapavost materijala je karakteristika mnogih industrijskih proizvoda. Papiri, kao tiskovne podloge korištene u procesu tiska, također pripadaju ovoj kategoriji.



**Slika 2.20.** Mikroskopski prikaz presjeka premaznog papira; zelenom bojom prikazan profil velike hrapavosti definiran vlaknima papira; plavom bojom prikazan mikroprofil uzrokovan mineralnim pigmentima u premazu<sup>[35]</sup>

Kod nasumično hrapavih materijala pojedinačne uzvisine su nasumične u odnosu na os ravnine.



**Slika 2.21.** Shematski prikaz nasumične površinske hrapavosti<sup>[35]</sup>

Kada svjetlost pada na hrapavu površinu, dolazi do njenog raspršenja, difuzne refleksije te se ona ne odbija zrcalno kako je to prikazano slikom 2.19. Količina raspršenja svjetlosti, osim o

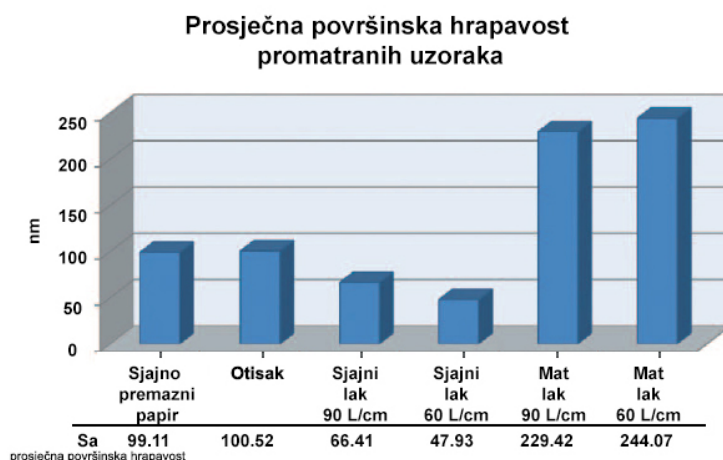
promatranoj površini, ovisi i o valnoj duljini svjetlosti te o kutu upadanja svjetlosti. S većom hrapavosti promatrane površine, raspršenje svjetlosti je veće.



**Slika 2.22.** Shematski prikaz interakcije upadajuće svjetlosti i promatrane površine s obzirom na hrapavost: a) zrcalna refleksija; b) mala hrapavost uzrokuje minimalno raspršenje; c) veća hrapavost uzrokuje veće raspršenje, ali i dalje u zrcalnom smjeru; d) velika hrapavost uzrokuje raspršenje svjetlosti u svim smjerovima <sup>[35]</sup>

#### 2.4.2. Utjecaj lakiranja na hrapavost tiskovne podloge

Primjenom različitih postupaka lakiranja na tiskovnim podlogama (papiru), dolazi do promjene površinske hrapavosti. Lakovi se tijekom procesa tiska mogu nanašati direktno i indirektno. Također, u ovisnosti o korištenoj tehnici lakiranja, mijenjat će se i postignuti efekt sjaja ili matiranosti otiska. Istraživanja su pokazala da je promjena hrapavosti tiskovne podloge proporcionalna količini laka. Za sve je metode lakiranja zajedničko to da sjajni lak smanjuje hrapavost tiskovne podloge, a mat lak je povećava. Kod vododisperzivnog je lakiranja korištenjem aniloks raster valjka različitih linijatura moguće utjecati na količinu prenesenog laka na tiskovnu podlogu. Prema istraživanju koje su proveli Karlović i dr., sa ciljem utvrđivanja promjena hrapavosti koje vododisperzivno lakiranje uvjetuje na tiskovnoj podlozi polučilo je sljedeće rezultate, prema slici 2.23. <sup>[36]</sup>

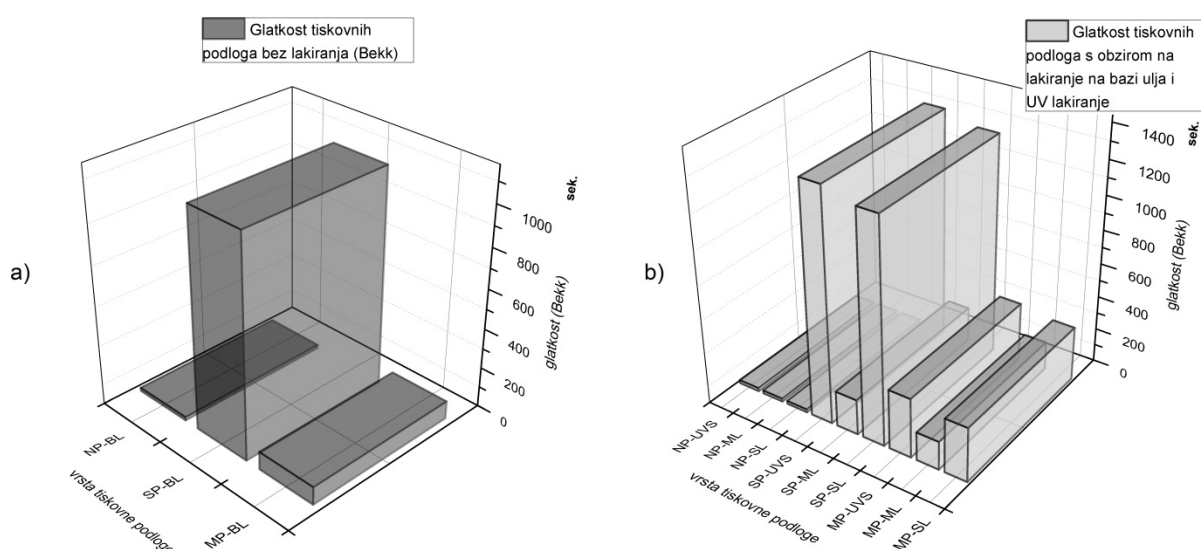


**Slika 2.23.** Utjecaj promjene prosječne hrapavosti s obzirom na vododisperzivni sjajni i mat lak nanesen u različitim količinama <sup>[36]</sup>

Povećani nanos vododisperzivnog sjajnog laka u značajnoj je mjeri smanjio hrapavost tiskovne podloge, dok je povećani nanos vododisperzivnog mat laka povećao hrapavost tiskovne podloge.

Korištenjem UV lakova također se postiže sličan efekt. Sjajni UV lak značajno zaglađuje površinu te se površinska hrapavost tiskovne podloge proporcionalno količini nanesenog laka smanjuje. Korištenje mat laka u ovisnosti o količini povećava hrapavost tiskovne podloge.<sup>[37]</sup>

Slika 2.24. daje prikaz promjena glatkosti tiskovne podloge, mjereno Bekk metodom, s obzirom na UV sjajni lak te mat i sjajni lak na bazi ulja, a na tri različite korištene tiskovne podloge: nepremazna te sjajno i mat premazna tiskovna podloga.



**Slika 2.24.** Glatkost uzoraka a) NP-BL, SP-BL i MP-BL; b) NP-UVS, NP-ML, NP-SL, SP-UVS, SP-ML, SP-SL, MP-UVS, MP-ML, MP-SL<sup>[38]</sup>

Ispitivani uzorci obilježeni su na način NP – nepremazna tiskovna podloga, MP – mat premazna tiskovna podloga, SP – sjajno premazna tiskovna podloga. S obzirom na raznovrsnu tehniku lakiranja, dodatne su oznake UVS – sjajno UV lakirana tiskovna podloga, ML – mat lakirana tiskovna podloga na bazi ulja, SL – sjajno lakirana tiskovna podloga na bazi ulja. Oznaka BL vrijedi za ispitivane uzorke bez lakiranja. U tom smislu, uzorak SP – UVS označava uzorak sjajno premazne tiskovne podloge lakirane UV sjajnim lakom. Lakiranje lakovima na bazi ulja u sjajnoj inačici također je uzrokovalo smanjenje hrapavosti (povećanje glatkosti) na tiskovnoj podlozi, a u mat inačici povećanje hrapavosti (smanjenje glatkosti).

## **2.5. Sjajnost tiskovne podloge**

U ofsetnom tiskarskom sustavu, osim podjele tiskovnih podloga na premazne i nepremazne, od ključne je važnosti i podjela na „mat“ i „sjajne“ papire. Sjajnost tiskovne podloge uz hrapavost predstavlja jednu od osnovnih karakteristika tiskovne podloge koja utječe na reproduksijski lanac ofsetnog tiskarskog procesa i standardizaciju proizvodnog tijeka.

Uz boju, svjetlinu i prozirnost, sjajnost predstavlja ključno optičko svojstvo papira. Sjajnost predstavlja doživljaj u slučaju refleksije svjetlosti u zrcalnom smjeru, a suprotno, u slučaju refleksije svjetlosti u svim smjerovima stvara se doživljaj matirane površine.

### **2.5.1. Proizvodnja papira i postizanje sjajnosti tiskovne podloge**

Procesom kalendriranja premaznih i nepremaznih papira tijekom proizvodnje papira, unaprjeđuju se svojstva sjajnosti tiskovne podloge, što posljedično utječe na mogućnost boljeg otiskivanja. U pravilu, tijekom kalendriranja, papir je podvrgnut pritisku dvaju valjaka pod određenom temperaturom, čime se smanjuje hrapavost papira. Istraživanja su pokazala da na povećanje sjajnosti te smanjenje hrapavosti prvenstveno utječe temperatura, a tek onda ostvareni pritisak. Također, povećavanjem brzine procesa kalendriranja povećava se hrapavost te smanjuje sjajnost. Najčešći načini završne obrade papira su:<sup>[1]</sup>

- premazivanje,
- impregnacija i
- laminiranje.

Premazivanje danas predstavlja najvažniji proces završne obrade papira, a odnosi se na premazivanje baze papira s premazom bijelog pigmenta u jednom sloju ili više njih, a koji se sastoji od:

- pigmenta,
- veziva i
- aditiva.

Proces premazivanja ponajviše utječe na površinska svojstva papira s obzirom na sjajnost, boju, hrapavost.

Nakon premazivanja, procesom kalendriranja postiže se završna površinska obrada papira kojom se postiže efekt „sjajnosti“ ili „matiranosti“.

#### **2.5.1.1. Pigmenti**

Najčešće korišteni pigmenti u procesu premazivanja su kalcij-karbonat, kaolin glina, talk te kombinacija svih navedenih. Za postizanje izrazito bijele boje podloge koristi se kalcij-karbonat. Korištenjem kaolin gline postiže se dobra pokrivenost te vrlo glatka i sjajna površina. Pigmenti premaza dostupni su u različitim veličinama, oblicima te čestičnim distribucijama. Miješanjem različitih pigmenata moguće je stvoriti raznovrsne premaze s obzirom na poroznost, strukturu i površinska svojstva.<sup>[40]</sup>

#### **2.5.1.2. Veziva**

Kako bi se ostvarilo povezivanje čestica pigmenata međusobno te s podlogom, koristi se lateks. Istraživanja su pokazala da s većim udjelom lateksa u sloju premaza dolazi do veće kompresije tijekom procesa kalendriranja, a također dolazi do opadanja sjajnosti uslijed povećane hrapavosti.<sup>[40]</sup>

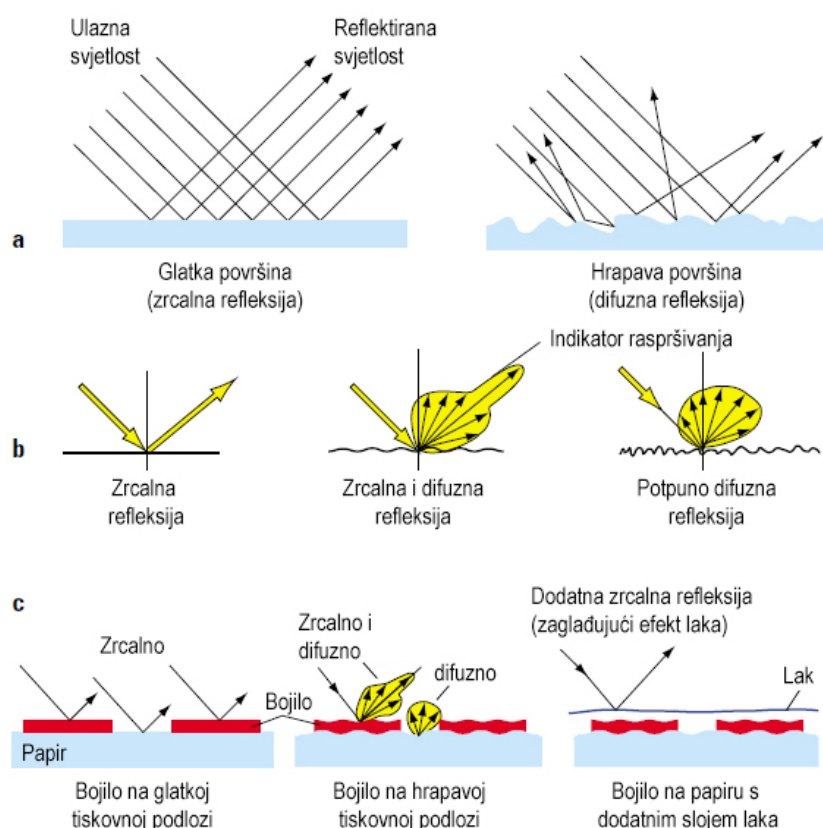
#### **2.5.2. Sjajnost otiska**

Sjajnost otiska povezana je s količinom svjetlosti koja se reflektira od otiska u istom, ali suprotnom kutu od ulazne svjetlosti. Hrapavost površine značajno utječe na sjajnost te proporcionalno, s glađom površinom postiže se veća sjajnost. Posljedično, mala sjajnost otiska rezultanta je hrapave površine na kojoj je otisak ostvaren, ali i male gustoće obojenja korištene tijekom procesa tiska. Prikaz međusobnog utjecaja sjajnosti otiska i hrapavosti tiskovne podloge vidljiv je na slici 2.25.



**Slika 2.25.** Ovisnost sjajnosti otiska o površinskoj strukturi tiskovne podloge: a) blago hrapava tiskovna podloga rezultira glatkim i sjajnim otiskom; b) hrapava tiskovna podloga rezultira otiskom male sjajnosti<sup>[40]</sup>

Povećana sjajnost otiska, kao i povećana sjajnost korištene tiskovne podloge najčešće su pozitivne karakteristike ofsetnog tiskarskog procesa. Naime, povećana postignuta sjajnost u kombinaciji s dobrim dizajnerskim rješenjima često upućuje na elegantniji i profinjeniji izgled samog proizvoda. To je osobito vidljiv trend u ambalažnoj industriji u kojoj uočljiva i upečatljiva ambalaža lakše prodaje proizvod. Najčešće korišteni upadni kutovi i kutovi gledanja u papirnoj industriji su  $75^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $20^\circ$ . Manji kutovi su prikladniji za vrlo sjajne uzorke. Slikom 2.26. dan je prikaz različitih situacija interakcije ulazne svjetlosti s tiskovnom podlogom.



**Slika 2.26.** Interakcija upadne svjetlosti i tiskovne podloge: a) zrcalna i difuzna refleksija; b) različiti slučajevi difuzne refleksije; c) situacije refleksije s obzirom na otisnutu boju te korištenje laka <sup>[1]</sup>

Kao što je vidljivo na slici, između dvije krajnje situacije savršeno glatke površine i izuzetno hrapave površine (Slika 2.26. b), postoje i djelomično sjajne površine, kod kojih se veliki dio ulazne svjetlosti reflektira u zrcalnom smjeru, ali se jedan dio reflektira i difuzno.

### 2.5.3. Mjerenje sjajnosti

Instrumenti za mjerenje sjajnosti različitih materijala (glossmetri) sjajnost mjere pomoću poznatog izvora svjetlosti. Mjerenje se uglavnom provodi s obzirom na jedan kut iako u stvarnosti promatrač površinu promatra iz beskonačno mnogo kutova. Ovisno o izabranom kutu mjernog detektora izražavaju se različite vrijednosti sjajnosti u jedinici sjajnosti (*gloss units*) GU (%). Prilikom mjerenja u odnosu na kut od 75°, vrijednosti sjaja su: 1 – 10 za nekalendrirane i nepremazne papire; 15 – 30 za kalendrirane nepremazne papire i 30 – 80 za premazne i kalendrirane papire. <sup>[41]</sup> U tablici 2.9. dan je prikaz okvirnih vrijednosti sjaja za neke od najčešće korištenih tiskovnih podloga u ofsetnom reproduksijskom procesu. Treba uzeti u obzir da je na izuzetno velikom i raznovrsnom tržištu papirne industrije nemoguće ponuditi jedinstvene vrijednosti sjajnosti, kao ni drugih parametara tiskovne podloge.

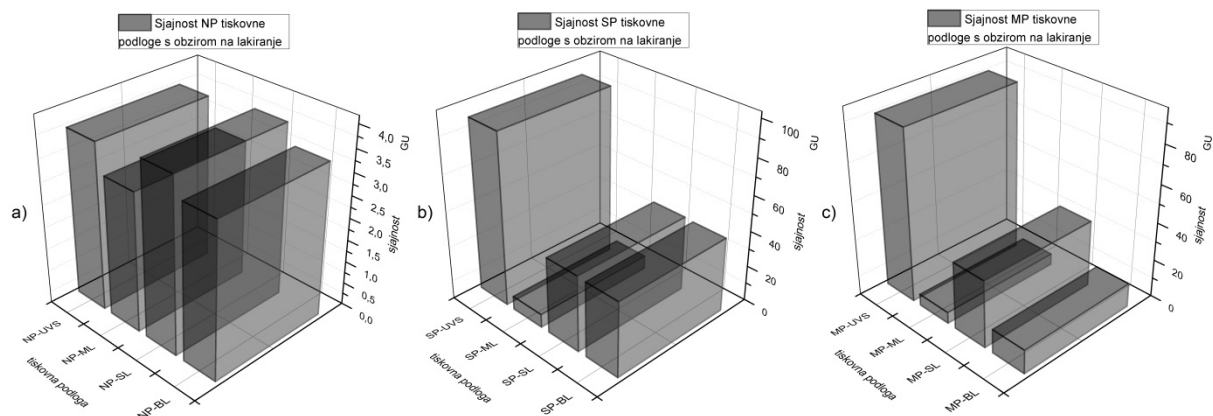
**Tablica 2.9.** Prikaz vrijednosti sjaja nekih od najčešće korištenih tiskovnih podloga u ofsetnom reproduksijskom procesu <sup>[42]</sup>

Vrsta tiskovne podloge	Vrijednost sjajnosti / TAPPI 75° / ISO 8254-1
Sjajno premazni papir	66 – 68 %
Mat premazni papir	17 – 33 %
Nepremazni papir	3 – 6 %

### 2.5.4. Međuovisnost različitih postupaka lakiranja i sjajnosti

Brojna istraživanja dokazala su međuovisnost hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge. Također, kao što je na hrapavost tiskovne podloge moguće utjecati uporabom i nanošenjem različitih vrsta lakova, tako je primjenom istih moguće utjecati i na sjajnost tiskovne podloge. Na slici 2.27. vidljiv je prikaz utjecaja različitih vrsta lakova na najčešće korištenim tiskovnim podlogama u ofsetnom reproduksijskom procesu.



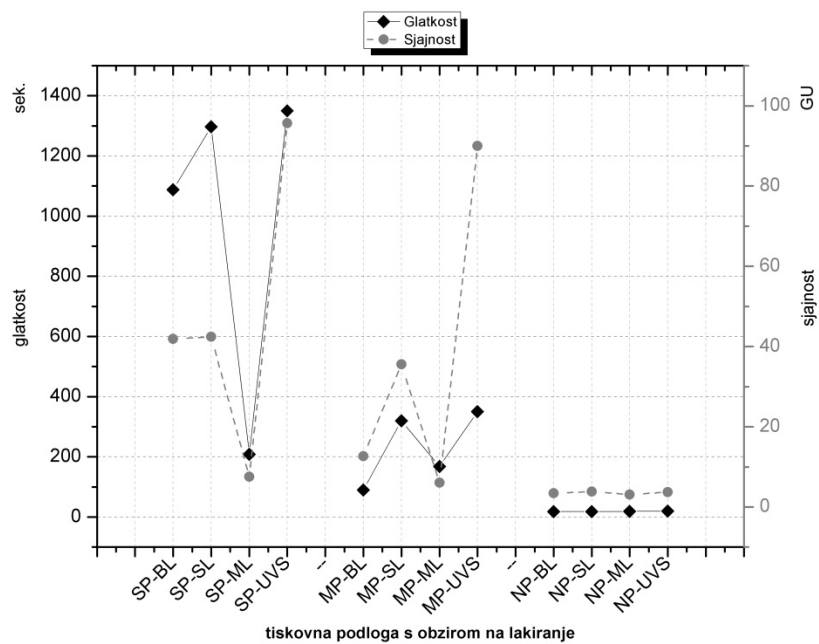


**Slika 2.27.** Sjajnost uzoraka: a) NP-UVS; NP-ML; NP-SL; NP-BL; b) SP-UVS; SP-ML; SP-SL; SP-BL; c) MP-UVS; MP-ML; MP-SL; MP-BL <sup>[38]</sup>

Uzorci su označeni na sljedeći način: NP (nepremazna tiskovna podloga), MP (mat premazna tiskovna podloga), SP (sjajno premazna tiskovna podloga). U kombinaciji s različitim lakovima, oznake su sljedeće: ML (mat lak na bazi ulja), SL (sjajni lak na bazi ulja), UVS (sjajni UV lak), BL (tiskovna podloga bez laka). S obzirom na navedeno, oznaka MP-SL se odnosi na mat premazni papir lakiran sjajnim lakom na bazi ulja.

Lakovi na bazi ulja u mat i sjajnoj inačici, kao i UV lak, u značajnoj mjeri utječu na parametre sjajnosti tiskovne podloge. Taj je utjecaj posebno vidljiv kod sjajno premaznih tiskovnih podloga, ali i kod mat premaznih tiskovnih podloga. Nepremazne tiskovne podloge inicijalno visoke hrapavosti pokazuju određenu inertnost prema različitim lakiranjima. Razlozi te pojavnosti ponajprije se mogu pronaći u velikoj upojnosti nepremaznih tiskovnih podloga, ali i u inicijalno visokoj površinskoj hrapavosti. Iz tog razloga, da bi se postigao dodatni efekt sjaja na nepremaznoj tiskovnoj podlozi, potrebno je omogućiti otiskivanje s povećanom količinom laka, što kasnije može rezultirati drugim problemima u procesu ofsetnog tiska. Premazne su tiskovne podloge u svojoj sjajnoj i mat inačici pogodnije za postupke lakiranja od nepremaznih te na premaznim tiskovnim podlogama raznovrsni postupci lakiranja vidljivo utječu na parametre sjajnosti tiskovne podloge.

Slika 2.28. prikazuje korelacijski odnos s obzirom na međuovisnost hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge, a u odnosu na različite vrste lakiranja.



**Slika 2.28.** Međuviznost parametara sjajnosti i hrapavosti (glatkosti) s obzirom na različite vrste lakiranja<sup>[38]</sup>

## 2.6. Spotne boje

Konvencionalni ofsetni tiskarski proces zahtijeva uporabu gustih, viskoznih bojila. Bojila moraju zadovoljavati više parametara, od kojih su svako najvažniji mogućnost bojila da se ne osuši tijekom nanošenja bojila u bojanike stroja te naknadni transfer na tiskovnu formu i ofsetnu gumu. Bojila također moraju moći zadržati određenu količinu otopine za vlaženje koja s bojilom dolazi u kontakt putem tiskovne forme ili izravno. Na samu tiskovnu podlogu tijekom procesa tiska nanosi se vrlo tanki sloj bojila debljine 0,5 – 1 µm. Bojila za ofsetni tisak sastoje se od sljedećih komponenti: <sup>[1, 39]</sup>

- sredstva za vezivanje: sastoje se od tvrdih smola (20 – 50 %) s velikim udjelom alkidnih smola (0 – 20 %), udjelom biljnih ulja (0 – 30 %) kao što su laneno ulje, sojino ulje te mineralnih ulja (20 – 40 %) i različitih sredstava za poboljšanje sušenja (< 2 %);
- pigmenti: ovisno o boji, zastupljeni su u udjelu 10 – 30 %;
- dodaci: zastupljeni su u udjelu do 10 %, a mogu biti katalizatori sušenja, vosak (za poboljšanje mehaničke zaštite), dodaci za sprječavanje površinskog sušenja i stvaranja površinske kore, silikonska ulja, itd.

Udjeli pojedinih komponenti bojila u velikoj se mjeri mogu razlikovati od proizvođača do proizvođača, a osobito ako se uzme u obzir raznovrsnost tiskovnih podloga, kao i zahtjevi različitih klijenata u ofsetnom tiskarskom sustavu. Ipak, zajedničke su sljedeće karakteristike:

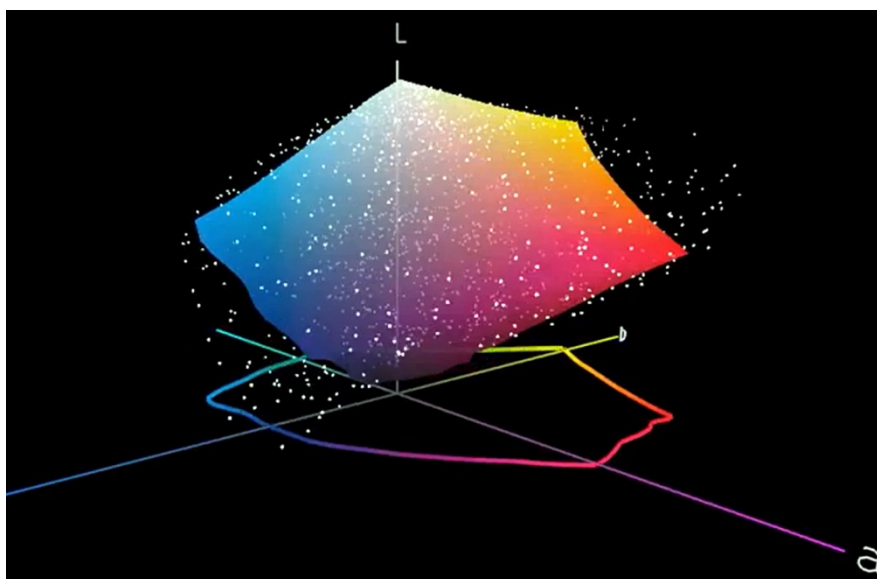
- visoka transparentnost;
- karakteristike koje omogućuju normalno otiskivanje: razvlačenje, sušenje, sjajnost, otpornost na mehaničke utjecaje;
- prihvatanje bojila na tiskovnu podlogu te mogućnost tiska mokro na mokro.

Uporaba spotnih bojila zauzima izuzetno važno mjesto u tiskarskoj industriji. Osim što pružaju mogućnost povećanja gamuta reprodukcije, spotna bojila osiguravaju i vrlo bitnu ponovljivost tiskarskog procesa i reproduksijskog lanca. To su bojila s povećanom koncentracijom pigmenta koja tijekom procesa tiska postižu veću gustoću obojenja. Ovakva

bojila često se nazivaju i miješanim bojilima, a zbog njihova izuzetno velikog broja, kao i broja različitih proizvođača, klasificirana su u skale boja.

### 2.6.1. Pantone® sustav boja

Pantone® sustav boja zasigurno je jedan od najčešće korištenih sustava boja, koji omogućava izuzetno široku lepezu spotnih boja te je to i jedan od razloga globalne prihvaćenosti istog ponajprije u grafičkoj industriji. Boje Pantone® sustava boja (*Pantone Matching System*® – *PMS*) djelomično se mogu proizvesti prema propisanim omjerima standardnih procesnih boja CMYK sustava. Korištenjem optimalnog obojenja te uporabom određenog omjera procesnih boja uz dodavanje posebnih boja PMS sustava, moguće je u realnom tiskarskom procesu tiskati sve boje PMS sustava.<sup>[1]</sup> Premazne i nepremazne tiskovne podloge zahtijevaju različite PMS tiskarske boje, a otisnuta boja na različitim tiskovnim podlogama često neće biti identična.



*Slika 2.29. Povećani gamut PMS sustava boja u odnosu na CMYK sustav boja*<sup>[43]</sup>

Od preko 1100 različitih boja koje PMS sustav boja sadrži, oko 34 % se nalazi unutar gamuta reprodukcije CMYK sustava boja, a oko 95 % je unutar gamuta reprodukcije standardnih monitora. Iako PMS sustav boja za određene boje pruža formulaciju CMYK omjera, u većini slučajeva rezultati reprodukcije nisu zadovoljavajući.



*Slika 2.30. Reproducirana PMS boja (lijevo) korištenjem CMYK omjera u usporedbi s original PMS bojom (desno) <sup>[43]</sup>*

Iz toga je razloga prilikom simulacije PMS boja CMYK sustavom potrebno u obzir uzeti sljedeće:

- CMYK recepture i omjeri predviđene za reprodukciju PMS boja su generičke aproksimacije;
- oko 66 % PMS boja je izvan gamuta reprodukcije CMYK sustava;
- CMYK recepture pojedinih boja PMS sustava bazirane su na formulama miješanja boja, a ne s obzirom na postizanje identičnih CIE L\*a\*b\* vrijednosti;
- ne postoji propisani normativ koji ukazuje na toleranciju i prihvatljivost promjena otisnute PMS boje uslijed procesa tiska te je procjena odstupanja i prihvatljivosti prepuštena pojedincu.

Tijekom procesa tiska, PMS boje pokazuju drugačije osobitosti od CMYK boja: <sup>[43]</sup>

- Za razliku od CMYK boja, za spotne boje ne postoji ISO specifikacija što može uzrokovati varijacije u boji proizvedenim na različitim geografskim lokacijama;
- Spotne boje nisu namijenjene tisku preko druge spotne boje kao što je to slučaj kod CMYK boja;
- Preklapanje spotnih boja može rezultirati nepredviđenim rezultatima;
- CMYK boje su transparentne, za razliku od spotnih boja koje su polu-neprozirne;
- Za razliku od spotnih boja, CMYK boje imaju definiranu gustoću te debljinu nanese boje, prirast RTV je poznat, kao i prihvaćanje boje na boju (*trapping*);

- U većini slučajeva spotne boje nisu namijenjene rasteriziranju, nego se uglavnom otiskuju u 100 % RTV;
- Prilikom miješanja PMS boja iz CMYK boja uz dodatak posebnih boja PMS sustava, moguća su odstupanja od ciljanih vrijednosti uslijed mogućeg korištenja boja različitih proizvođača;
- Spotne boje po sastavu najčešće sadrže više pigmenata, koji mogu uzrokovati promjene u doživljaju boje prilikom promatranja pod različitim osvjetljenjima;
- Uslijed termalnog laminacijskog postupka, pojedine boje PMS sustava mogu promijeniti ton;
- U slučaju nanošenja lakova nekim od postupaka lakiranja, na prethodno otisnutu spotnu boju, moguća je promjena spotne boje.

U realnom tiskarskom procesu, reprodukcija PMS boje ponekad može biti izuzetno problematična. Mogući su različiti uzroci navedenom problemu, od kojih svakako jedan predstavlja i zadana referenca odnosno originalni predložak koji se nastoji reproducirati. Prilikom tiska PMS boja, referencu najčešće predstavlja PMS skala boja (u premaznoj ili nepremaznoj inačici) koja također može biti podložna promjenama, osobito ako je često izložena dodirima, utjecaju dnevnog svjetla, habanju i sl. Ako se u obzir uzme i činjenica da mnoge tiskare koriste PMS skale boja stare i po nekoliko godina, jasno je da takva referenca gubi smisao. Iz tog razloga idealna referenca može biti jedino CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednost PMS boje, koja se može definirati prilikom zahtijeva za određenom PMS bojom, uz propisana dopuštena odstupanja u količini nanosa boje te s obzirom na dopušteni  $\Delta E^*$ . Međutim, vrlo čest problem prilikom reprodukcije određene PMS boje predstavlja i činjenica da su referenca (ako je riječ o PMS skali ili probni otisak otisnut nekom od digitalnih tehnika tiska) i realni otisak reproducirani na različitim tiskovnim podlogama. Usprkos podjeli i diferencijaciji PMS skala na premazne i nepremazne, papir korišten za tisak PMS skale i onaj koji je kupac zaželio u realnom procesu, rijetko može biti identičan. Iz toga razloga, osobito je važno prilikom tiska PMS boja na „nepoznatim“ tiskovnim podlogama očekivati odstupanja. Uz već spomenute probleme s obzirom na različite recepture, proizvođače i omjere CMYK boja korištenih prilikom reprodukcije spotnih boja važni parametri su i stanje i higijena tiskarskog stroja na kojem se boja otiskuje, dostupnost automatizirane kontrole tiska te kvalificiranost operatera.

### 2.6.1.1. Kolorimetrijske promjene PMS boja

Prilikom uporabe boja PMS sustava, ključno je u obzir uzeti i mogućnost promjena koje se na njima mogu dogoditi uslijed sljedećih okolnosti:

- Različita izdanja PMS skale boja – Kako su PMS skale boja tiskani proizvod, podložne su promjenama i varijacijama. Tolerancije među pojedinim izdanjima mogu biti i do +/- 5 %;
- Promjena tiskovne podloge – Iako se PMS sustav boja prilagođava postojećim proizvođačima tiskovnih podloga, na nekim tiskovnim podlogama otisnuta boja PMS sustava može biti različita od dostupne skale PMS boje;
- Optički osvjetljivači – Kao komponente tiskovnih podloga, papiri s većim udjelom optičkih osvjetljivača su plavkasti i djeluju čišće od onih tiskovnih podloga koje u sebi ne sadržavaju optičke osvjetljivače. Navedena promjena u tiskovnoj podlozi, može utjecati i na postignuti dojam i ton otisnute PMS boje;
- Debljina nanosa bojila – U situacijama kada se određena PMS boja otiskuje u dva prolaza na tiskovnom stroju, dojam postignute boje je drugačiji nego u situacijama kada se određena PMS boja otiskuje u jednom prolazu;
- Utjecaj svjetlosti – Pojedine boje PMS sustava različito reagiraju na izloženost svjetlu;
- Utjecaj sušenja – Prilikom sušenja određenih boja PMS sustava može doći do promjene tona boje;
- Utjecaj starenja – Prilikom starenja određenih boja PMS sustava može doći do promjene tona boje.

Osobitost PMS boja je da pod utjecajem različitih postupaka lakiranja, ali i nekih laminacijskih postupaka, dolazi do kolorimetrijskih promjena. Svakako je važno naglasiti da se navedene promjene ne događaju na svim bojama PMS sustava jednako. PANTONE Reflex Blue predstavlja jednu od najproblematičnijih boja PMS sustava koja, osim niskog stupnja tolerancije na mehanička oštećenja, zahtijeva i vrlo dugotrajan proces sušenja. Iako većina tiskarskih bojila ima pigmente sličnih oblika, pigmenti koje sadrži *Reflex Blue* imaju nazubljene, nepravilne oblike. *Reflex Blue* svoju bogatu plavu komponentu dobiva iz pigmenta koji su poznati kao *Alkali Blue*, koji sadržavaju mineral Co (kobalt).<sup>[44]</sup> Stoga proizvođači, kako bi omogućili vlaženje pigmenta, u mješavinu moraju dodati površinski aktivne tvari, koje rezultiraju time da boja zadržava veću razinu vlage pa je zbog toga i samo

sušenje otisnute boje usporeno. S obzirom na svojstvo promjene boje uslijed prekomjernog nanošenja vododisperzivnog ili UV laka, ono je prvenstveno uvjetovano pH nekompatibilnošću lužnatih vododisperzivnih lakova i određenih alkalnih pigmenata boje kao što je *Reflex Blue*. Posljedična kemijska reakcija dovodi do promjene načina na koji pigmenti boje reflektiraju svjetlost. Osim navedene *Reflex Blue* boje, kao osobito problematične boje u procesu tiska su prepoznate i sljedeće: <sup>[43]</sup>

- *Warm Red*,
- *Rubine Red*,
- *Rhodamine Red*,
- *Purple* i
- *Violet*.

Sve navedene boje, kao i druge boje PMS sustava u kojima su navedene boje u sastavu, pokazat će odstupanja prilikom utjecaja alkalnih UV i VD lakova. Promjena otisnute boje nije nužno vidljiva odmah prilikom tiska naklade, nego do nje može doći i nakon određenog vremena sušenja naklade, pa čak i nakon nekoliko tjedana. Za izbjegavanje navedenog problema, preporuka je konzultacija s proizvođačem boje te uzimanje u obzir da će boja biti podvrgnuta procesu lakiranja.

#### **2.6.1.2. Metalizirane boje PMS sustava boja**

Posebnu kategoriju PMS boja predstavljaju tzv. metalizirane boje koje svojim osobitim sastavom na tiskovnu podlogu prenose dojam zlatne, bakrene, aluminijske, srebrne i druge površine. Ovakva bojila sadrže metalne pigmente, pigmente bisernih efekata te ih nije moguće proizvesti omjerima standardnih procesnih boja CMYK sustava. Kod „zlatnih” bojila pigmenti se dobivaju iz mjedi – slitine bakra i cinka. Moguće su različite kombinacije i udjeli bakra i cinka pa će povećanim udjelom bakra – otisnuto „zlato” biti „crvenije” i sl. Za proizvodnju srebrnog pigmenta, koristi se 99,5 % čisti aluminij. <sup>[1]</sup> Metalizirane boje predstavljaju posebno zahtjevne boje u procesu ofsetnog tiska. Osim što zahtijevaju povećanu gustoću obojenja, izuzetno su osjetljive na površinska mehanička oštećenja te zahtijevaju produljeno sušenje otisnute naklade prije bilo kojeg doradnog procesa. Kako bi se spriječilo moguće otiranje, ali i u svrhu poboljšanja mehaničke površinske otpornosti otiska otisnutog metaliziranom bojom, često se pristupa zaštiti otiska nekim od postupaka lakiranja ili čak



laminacijskim postupcima. Osobitost metaliziranih boja je i to da su najčešće pokrivne te se njima u mnogo situacija može otiskivati preko druge, prethodno otisnute boje. Ipak, u samoj tiskarskoj praksi, a osobito u ofsetnom tiskarskom sustavu te s obzirom na mogućnosti tiskarskog stroja, preporuča se otiskivanje izravno na tiskovnu podlogu.

### 2.6.1.3. Nalijeganje i kolorimetrijsko predviđanje spotnih boja

U situacijama nalijeganja jedne spotne boje na drugu spotnu boju, često je nemoguće predvidjeti rezultirajuću novu boju. Grafičke aplikacije u određenoj mjeri pružaju mogućnost predviđanja novonastale boje, no u realnim uvjetima tiskarskog okruženja rezultati su ipak drugačiji. Procesne boje CMYK sustava predviđene su otiskivanju jedne boje preko druge. Poznato je da će 100 % RTV žute i 100 % RTV magenta boje, rezultirati crvenom bojom. Međutim u slučaju otiskivanja PANTONE 294 i PANTONE 193 jedne preko druge, rezultirajuća nova boja je nepredvidiva. Tiskarski proces podrazumijeva nanošenje jednog bojila na drugo. Međutim, za razliku od većine ostalih tiskarskih tehnika, otisak tehnikom ofsetnog tiska može nastati kada se druga i ostale boje nanose na prethodnu dok je ova osušena ili neosušena.<sup>[20]</sup> U tom smislu govorimo o tisku “mokro na mokro” ili tisku “mokro na suho”. Parametar za određivanje prihvaćanja bojila (*ink trapping*) najčešće se određuje formulama koje se baziraju na gustoći obojenja: Preucil, Ritz i Brunner. U novije je vrijeme nekoliko istraživanja pokušalo ponuditi nove modele za izračunavanje prihvaćanja bojila u PMS okruženju te time omogućilo jednostavnije predviđanje novonastale boje, i to na bazi spektrofotometrijskih mjerenja.<sup>[46,47,48,49]</sup> Model koji pružaju Deshpande, Green i Hoffstadt, a namijenjen predviđanju kolorimetrijskih novonastalih vrijednosti u situacijama nalijeganja spotne boje na boju (*ink trapping*), prikazan je sljedećim formulama:<sup>[50]</sup>

$$\begin{aligned} X &= j_x \times (X_b \times X_f) + k_x \\ Y &= j_y \times (Y_b \times Y_f) + k_y \\ Z &= j_z \times (Z_b \times Z_f) + k_z \end{aligned} \tag{1}$$

gdje je,

$X, Y, Z$ : predviđena tristimulusna vrijednost overprint boje

$X_b, Y_b, Z_b$ : izmjerene tristimulusne vrijednosti pozadinske boje

$X_f, Y_f, Z_f$ : izmjerene tristimulusne vrijednosti površinske, prednje boje

$j_x, j_y, j_z$ : koeficijent površinske boje

$k_x, k_y, k_z$ : konstante površinskih boja

$$k_x = \frac{(X_{pk} \times X_w - X_{pw} \times X_k)}{(X_w - X_k)} \quad (2)$$

$$j_x = \frac{(X_{pw} - k_x)}{(X_w \times X_{pw})}$$

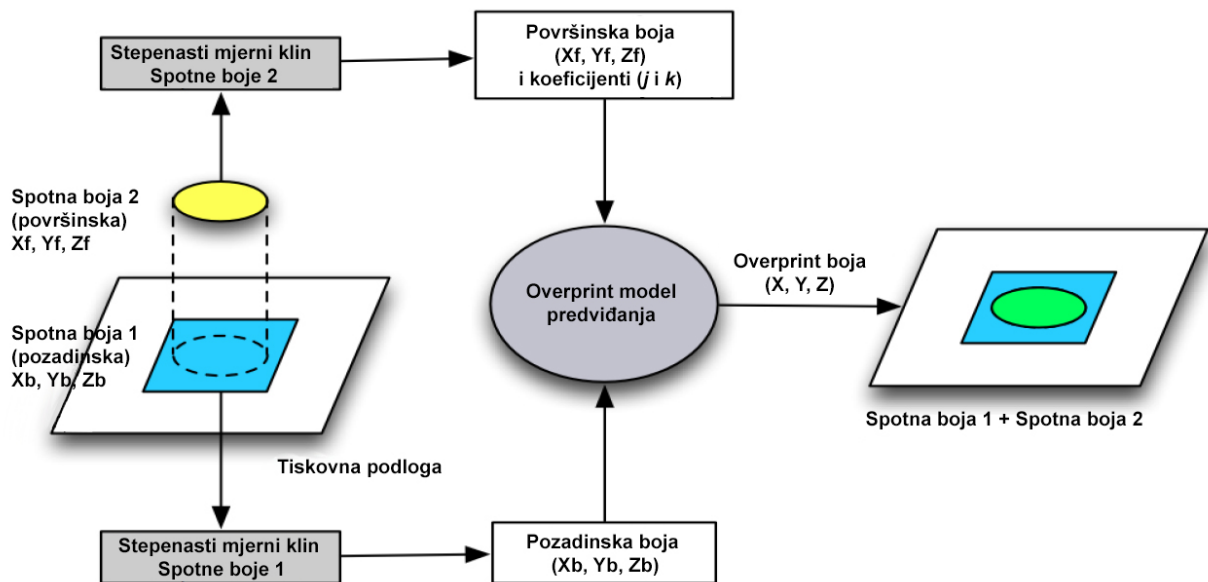
$X_{pw}$ ,  $Y_{pw}$ ,  $Z_{pw}$ : postotak RTV vrijednosti na tiskovnoj podlozi

$X_{pk}$ ,  $Y_{pk}$ ,  $Z_{pk}$ : jednak postotak RTV vrijednosti otisnutoj na crnoj boji

$X_w$ ,  $Y_w$ ,  $Z_w$ : vrijednosti tiskovne podloge bez overprinta

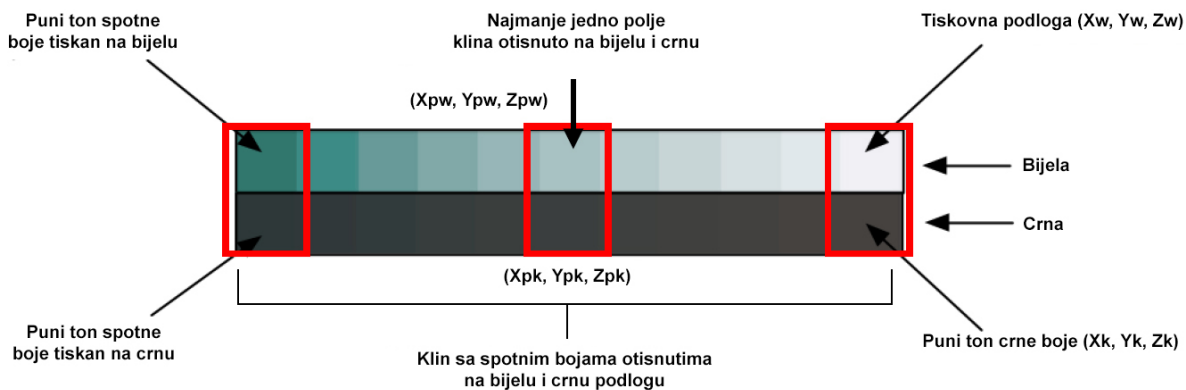
$X_k$ ,  $Y_k$ ,  $Z_k$ : 100 % RTV crne boje bez overprinta

Navedenim je modelom osim mogućnosti predviđanja nove boje nastale otiskivanjem jedne PMS boje preko druge PMS boje, moguće utvrditi i kolorimetrijske vrijednosti u situacijama nalijeganja više od jedne PMS boje na prethodno otisnutu boju. Osim toga, model nije ograničen na predviđanje PMS boja otisnutih u kombinaciji 100 % RTV, nego je učinkovit i za druge RTV. U situacijama otiskivanja PMS boje preko CMYK otisnutog uzorka, također je moguće predviđanje, no u svakoj spomenutoj situaciji potrebno je voditi računa o redoslijedu otiskivanja boja jedne preko druge.



**Slika 2.31.** Deshpande, Green i Hoffstadt model predviđanja overprint PMS boje <sup>[50]</sup>

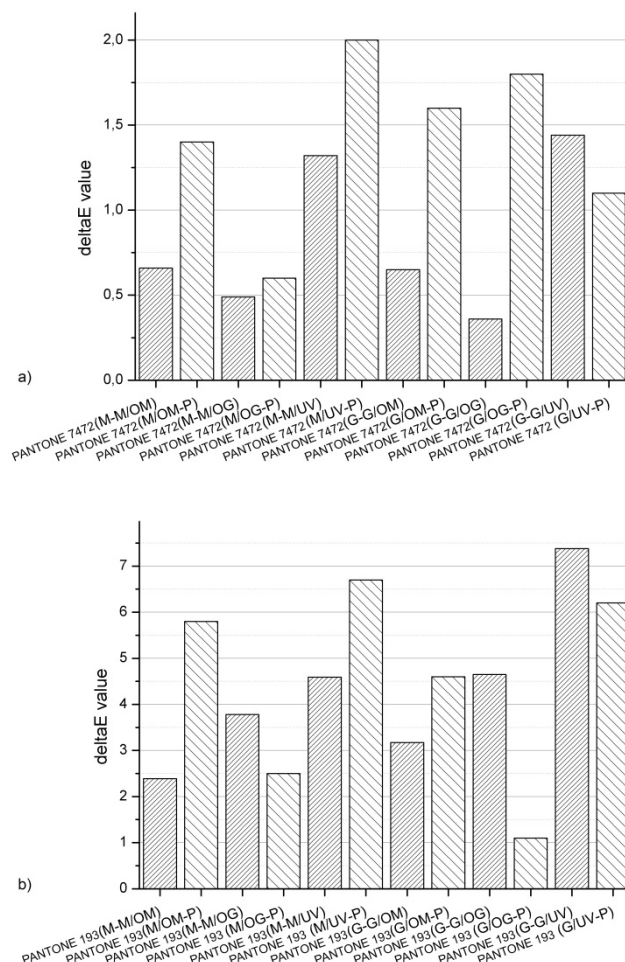
Kako bi se ishodili  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  i  $j_x$ ,  $j_y$ ,  $j_z$  koeficijenti, potrebno je otisnuti mjerni klin koji sadrži PMS boju otisnutu na crnoj boji i tiskovnoj podlozi.



**Slika 2.32.** Mjerni klin za ishođenje  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  i  $j_x$ ,  $j_y$ ,  $j_z$  koeficijenta <sup>[50]</sup>

#### 2.6.1.4. Predviđanje kolorimetrijskih promjena PMS boja pod utjecajem lakiranja

Spotne boje se pod utjecajem različitih postupaka lakiranja mogu promijeniti. Poznavanje utjecaja različitih postupaka lakiranja na kolorimetrijske promjene spotnih boja u procesu ofsetnog tiska, značajan je parametar mjerljivosti i predvidljivosti tiskarskog procesa. Različiti postupci lakiranja, osim što imaju zaštitnu ulogu otiska te ulogu vizualnog poboljšanja otiska, mogu utjecati na kolorimetrijske osobine spotnih boja različitih valnih duljina. Utjecaj različitih vrsta lakiranja na kolorimetrijsku promjenu boja CMYK sustava predmetom su brojnih istraživanja, <sup>[51,52,53]</sup> međutim istraživanja njihova utjecaja na kolorimetrijske promjene spotnih boja nisu zastupljena. Primjenom modela predviđanja novonastale boje u situacijama naližeganja spotne boje na spotnu boju prema metodi autora Deshpandea, Greena, Hoffstadta, u slučajevima lakiranja na spotnim bojama došlo se do sljedećih rezultata, prema slici 2.33.



**Slika 2.33.**  $\Delta E^*$  vrijednosti s obzirom na izmjerene i modelom predviđene vrijednosti:

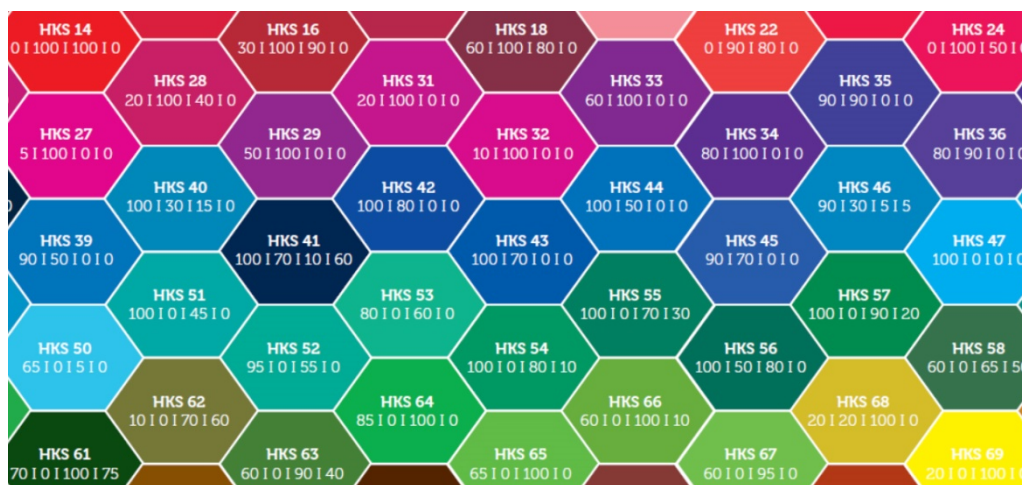
a) PANTONE 7472, b) PANTONE 193

PANTONE 7472 C sastoji se od dominantne *Process Blue* (10,3 %), *Yellow* (1,5 %), *Black* (0,7 %) te *Transparent White* (87,5 %). PANTONE 193 C za dominantnu komponentu ima *Warm Red* (60,6 %), *Rubine Red* (36,4 %) te *Black* (3 %). Ispitivani uzorci su označeni na način: G – sjajno premazna tiskovna podloga, M – mat premazna tiskovna podloga, UV – s UV lakom, OG – sjajni lak na bazi ulja, OM – mat lak na bazi ulja, P – predviđena vrijednost. Promatrajući generirane razlike, izračunate metodom predviđanja, može se uočiti da je na PANTONE 7472 C najveća pogreška predviđanja prisutna na uzorku M/UV i iznosi  $\Delta E^* = 2,0$ , dok je najmanja prisutna na uzorku M/OG i iznosi zanemarivih  $\Delta E^* = 0,6$  u odnosu na izmjerenu vrijednost. Kod PANTONE 193 C najveća je pogreška predviđanja također prisutna na uzorku M/UV i iznosi  $\Delta E^* = 6,7$  u odnosu na izmjerenu vrijednost, dok je najmanja prisutna na uzorku G/OG i iznosi  $\Delta E^* = 1,1$ . Iako matematički model predviđanja promjena na spotnim bojama uzrokovanih različitim postupcima lakiranja, predstavlja brz i ekonomičan način, u spomenutim situacijama nije polučio dovoljno točne rezultate.

## 2.6.2. Ostali sustavi spotnih boja

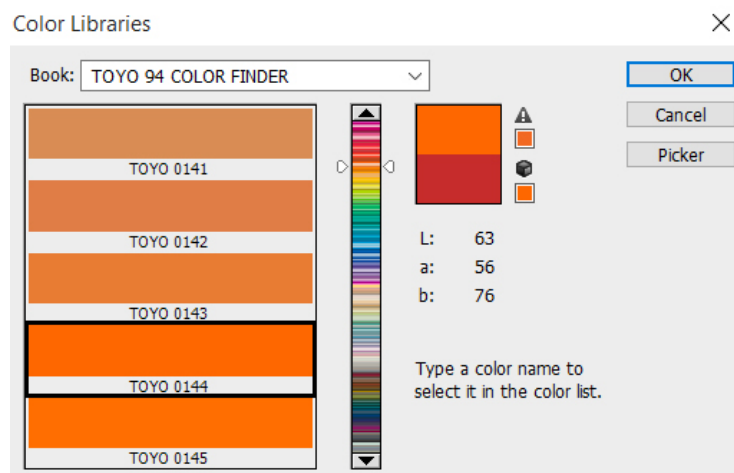
Osim PMS sustava boja koji je svakako najdominantnije korišten sustav u Europi i SAD-u, postoje i druge različite skale spotnih boja. Neke od najzastupljenijih su:

- HKS<sup>®</sup> – skala boja u vlasništvu HKS Warenzeichenverband e.V., konzorcija koji se sastoji od 3 kompanije: Hostmann-Steinberg GmbH, K(ast)+E(ich) Druckfarben of the Flint Group Germany GmbH i H. Schmincke & Co. GmbH & Co. Kao skala boja organizirana je na način sličan PMS sustavu boje te s obzirom na različite tiskovne podloge, postoje i različite HKS skale. <sup>[54]</sup> HKS skala je u početku bila orijentirana na njemačko tržište, ali se pod utjecajem globalizacije proširila i na druga tržišta. HKS skala boja organizirana je na poseban način s obzirom na predviđenu tiskovnu podlogu: HKS K – premazne tiskovne podloge; HKS N – nepremazne tiskovne podloge; HKS Ek – roto tisak na premaznim papirima, HKS En – roto tisak na nepremaznim papirima. <sup>[55]</sup>



Slika 2.34. Prikaz dijela HKS skale boja

- TOYO<sup>®</sup> skala boja je jedna od najčešće korištenih u Japanu. <sup>[20]</sup> Utemeljena je 1979. godine te je u početku predstavljala alternativu PMS sustavu boja. *Toyo Color Finder System* sadrži oko 1050 različitih boja baziranih na Munsell modelu boja. <sup>[56]</sup>



*Slika 2.35. Prikaz dijela Toyo skale boja unutar Adobe® Photoshop® aplikacije*

- DIC sustav boja također je često korišten u Japanu te je jednako tako baziran na Munsell teoriji boja. <sup>[57]</sup> *DIC Color Guide*® utemeljen je 1968. godine, a od tada se proširio u tiskarskoj industriji, ali je prihvaćen i od strane različitih proizvođača aplikacija namijenjenih grafičkoj obradi. DIC sustav boja sadrži preko 1200 različitih boja, a slično kao i kod drugih skala boja, svakoj je boji pridružen određeni broj, odnosno oznaka. DIC sustav boja sadrži i posebne serije koje se odnose na „tradicionalne japanske boje“, „francuske tradicionalne boje“, „kineske tradicionalne boje“, a svaka od navedenih serija inspiraciju crpi iz prošlosti. U novije vrijeme DIC sustav boja dostupan je u obliku aplikacija i na mobilnim uređajima.



*Slika 2.36. DIC Color Guide®*

- ANPA sustav boja osnovan je od strane American Newspaper Publishers Association te sadrži paletu od 300 spotnih boja korištenih prvenstveno u tisku novinskih publikacija.
- RAL<sup>®</sup> sustav spotnih boja također je često korišten na području Europe. Osnovan je 1927. godine te od tada predstavlja jednu od ključnih skala spotnih boja.<sup>[58]</sup> Osim u grafičkoj industriji, RAL sustav boja prisutan je i u industriji plastike, metala, itd. RAL sustav boja dijeli se na više komponenti, a posebno zanimljivu u grafičkoj industriji čini komponenta metaliziranih boja. Čitav RAL sustav boja baziran je na CIE standardima, a organiziran je s obzirom na nijansu, svjetlinu i intenzitet boje. U novije vrijeme RAL je svoje boje krajnjim korisnicima približio i putem različitih web i mobilnih aplikacija.

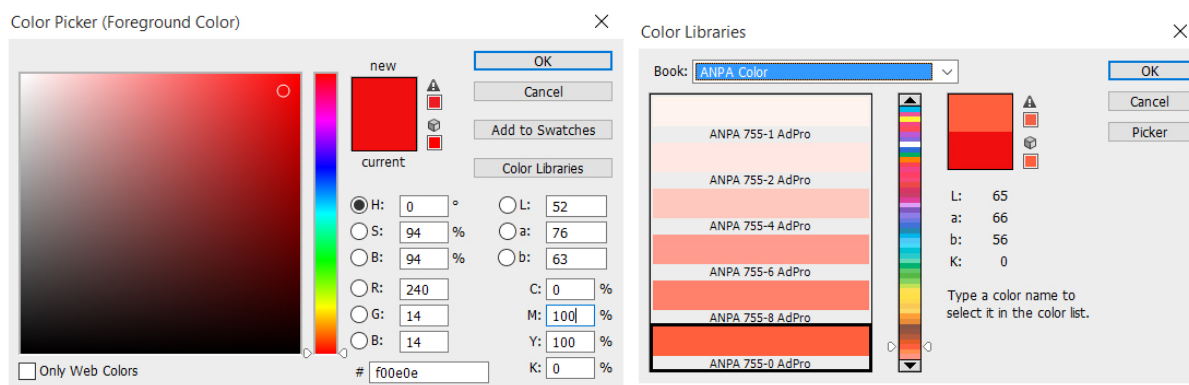


**Slika 2.37.** Prikaz dijela RAL sustava boja<sup>[59]</sup>

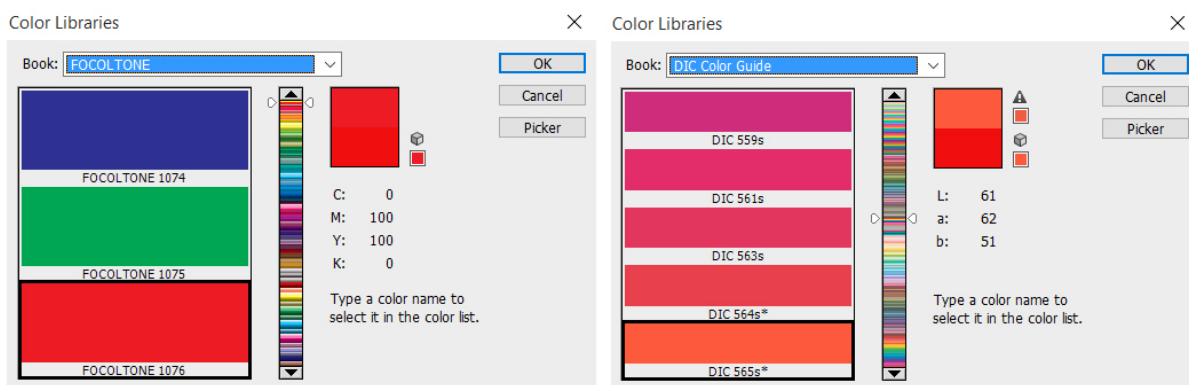
- FOCOLTONE<sup>®</sup> sustav boja osmišljen je u Walesu, 1984. godine, a naziv je skraćenica od „FOur-COLor-TONEs“. <sup>[55]</sup> FOCOLTONE se sastoji od 763 uzorka dobivenih kombinacijom četiriju procesnih CMYK boja u omjerima 5 – 85 %. Ovim sustavom jedna nova „miješana“ boja dobiva se točnim omjerima CMYK boja te se na taj način omogućuje sljedivost i ponovljivost tiskarskog procesa.
- TRUMATCH<sup>®</sup> sustav boja utemeljen je 1990. godine te omogućuje brz i jednostavan način prepoznavanja i „identificiranja“ boje s obzirom na četverbojni tisak. Unutar TRUMATCH sustava, boje su organizirane s obzirom na tonove te s obzirom na

različite nijanse tonova. Osim navedenog, sustav sadrži i bazu sivih boja također dobivenih iz CMYK boja. TRUMATCH sadrži preko 2000 različitih boja, a dostupan je za premazne i nepremazne papire.<sup>[60]</sup> Sustav je baziran na Munsell i Ostwald teoriji sustava boja kao 3D prostora. Osim što je podržan od strane većine grafičkih alata, dostupan je i kao mobilna aplikacija.

Vidljivo je da osim PMS sustava boja i brojni drugi sustavi nastoje proširiti gamut reprodukcije te stvoriti uvjete za ponovljivi i standardizirani tiskarski proces. Računalni grafički alati u određenoj mjeri prate sve nove tehnologije te se globalno nastoji stvoriti baza za jednostavniju, unificiranu uporabu spotnih boja. Unutar Adobe® Photoshop® aplikacije, na jednostavan je način vidljiv uvid u sve sustave spotnih boja koje program podržava. Također omogućuje jednostavnu simulaciju usklađivanja boje definirane CMYK vrijednostima u najbližu boju određenog sustava spotnih boja. Na slikama 2.38. – 2.41. vidljiv je prikaz boja koje su najbližnije crvenoj boji u CMYK sustavu definiranoj kao C:0 % M:100 % Y:100 % K:0 %.

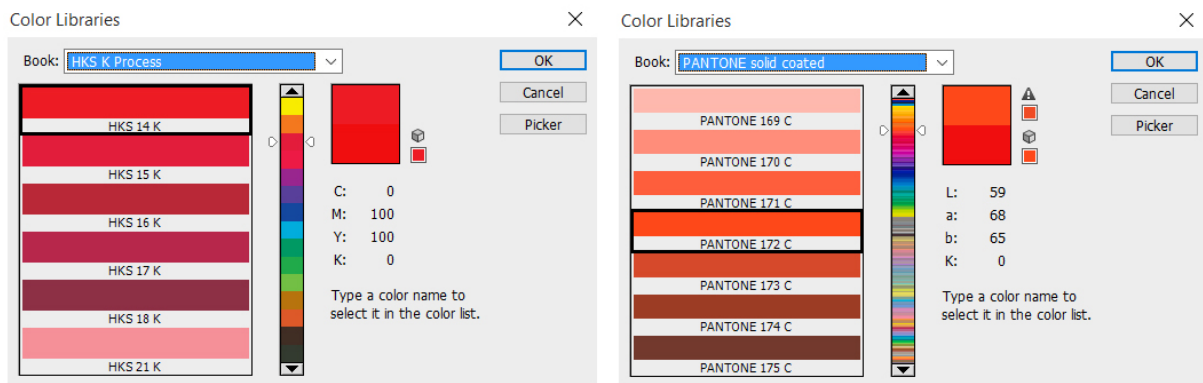


**Slika 2.38.** Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – ANPA 755-0 AdPro

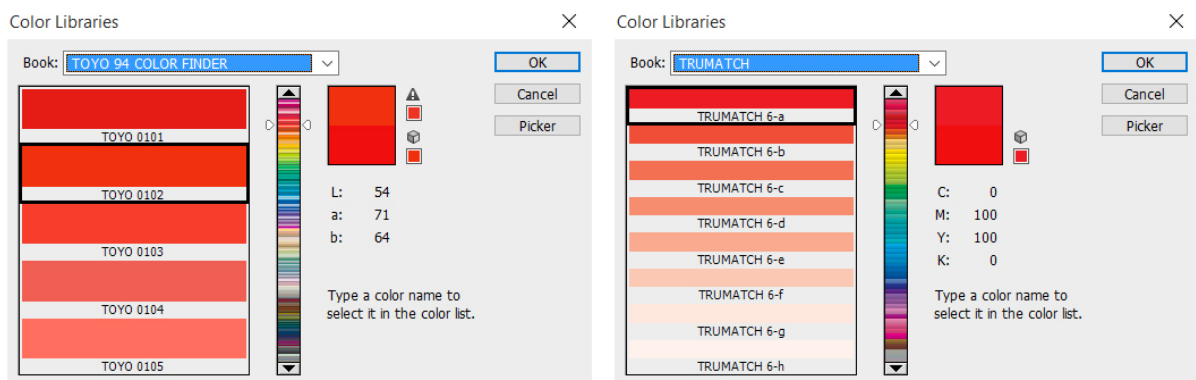


**Slika 2.39.** Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – FOCOLTONE 1076 – DIC 565s\*





**Slika 2.40.** Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – HKS 14K – PANTONE 172



**Slika 2.41.** Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – TOYO 0101 – TRUMATCH 6-a

### 3 EKSPERIMENTALNI DIO

S obzirom na problematiku interakcije spotnih boja s različitim tiskovnim podlogama te promjene koje različite vrste lakiranja mogu uzrokovati na njima, postavljen je eksperiment sa ciljem ispitivanja, mjerenja te analize svih uključenih parametara. Uzevši u obzir neograničenu mogućnost varijabli i opcija, odlučeno je da se eksperiment usmjeri na procese i resurse koji su najčešće prisutni u svakodnevnoj grafičkoj reprodukciji u ofsetnom tiskarskom okruženju. Odabrano je osam spotnih boja iz svih područja vidljivog dijela spektra iz PMS sustava, koje su otisnute u standardiziranim uvjetima ofsetnom tehnikom tiska. Otisci s PMS bojama su lakirani različitim postupcima lakiranja i laminirani termalnim laminacijskim postupkom. Laboratorijskim ispitivanjima utvrđeni su parametri hrapavosti i sjajnosti ispitivanih tiskovnih podloga. Po završetku izrade uzoraka, pristupilo se izračunima kojima se pokazalo u kojoj je mjeri došlo do kolorimetrijskih promjena spotnih boja te se utvrdila međuovisnost svojstava hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge. Definirala su se granična područja i uvjeti unutar kojih navedene promjene mogu utjecati na subjektivni doživljaj prosječnog promatrača – korisnika određenog grafičkog proizvoda.

#### 3.1. Dosadašnja istraživanja

Pregledom do sada objavljenih znanstvenih istraživanja, utvrđeno je da se promjene boja uvjetovane različitim postupcima lakiranja istražuje u posljednjih desetak godina. Istraživanja su, međutim, usmjerena glavninom na promjene koje se događaju na procesnim, CMYK bojama tiskarskog sustava, a mnogo rjeđe na kolorimetrijske promjene koje se zbivaju na spotnim bojama. Istraživanje koje je proveo Hoffstadt, jedno je od ranije provedenih istraživanja, usko povezanih s problematikom promjene boja uslijed postupka sjajnog i mat lakiranja u ofsetnom tisku. U obzir je uzelo ispitivanje otisaka prije i nakon nanošenja sloja laka te je nedvojbeno ukazalo na kolorimetrijske promjene boja  $\Delta E_{94}$ . Rješavanju problema odstupanja u tonalitету boja nakon lakiranja pokušava se pristupiti s pomoću generiranja posebnih ICC profila s kojima se može predvidjeti učinak koji će lakiranje izazvati na otisnutoj tiskovnoj podlozi.<sup>[51]</sup>

U jednom od novijih istraživanja koje su proveli Majnarić i dr. u tehnici digitalnog tiska, ispitivao se utjecaj UV lakiranja na površinska svojstva najčešće korištenih nepremaznih, sjajno premaznih i mat premaznih tiskovnih podloga otisnutih s procesnim bojama. Ispitivanje

je rezultiralo kolorimetrijskim razlikama uzoraka te razlikama u sjajnosti. Parametri hrapavosti tiskovne podloge prema Bendtsen metodi su također stavljeni u korelaciju. Na premaznim tiskovnim podlogama povećani nanos UV lak uzrokovao je proporcionalno povećanu sjajnost. Istovremeno dolazi do blagog pada hrapavosti. <sup>[52]</sup>

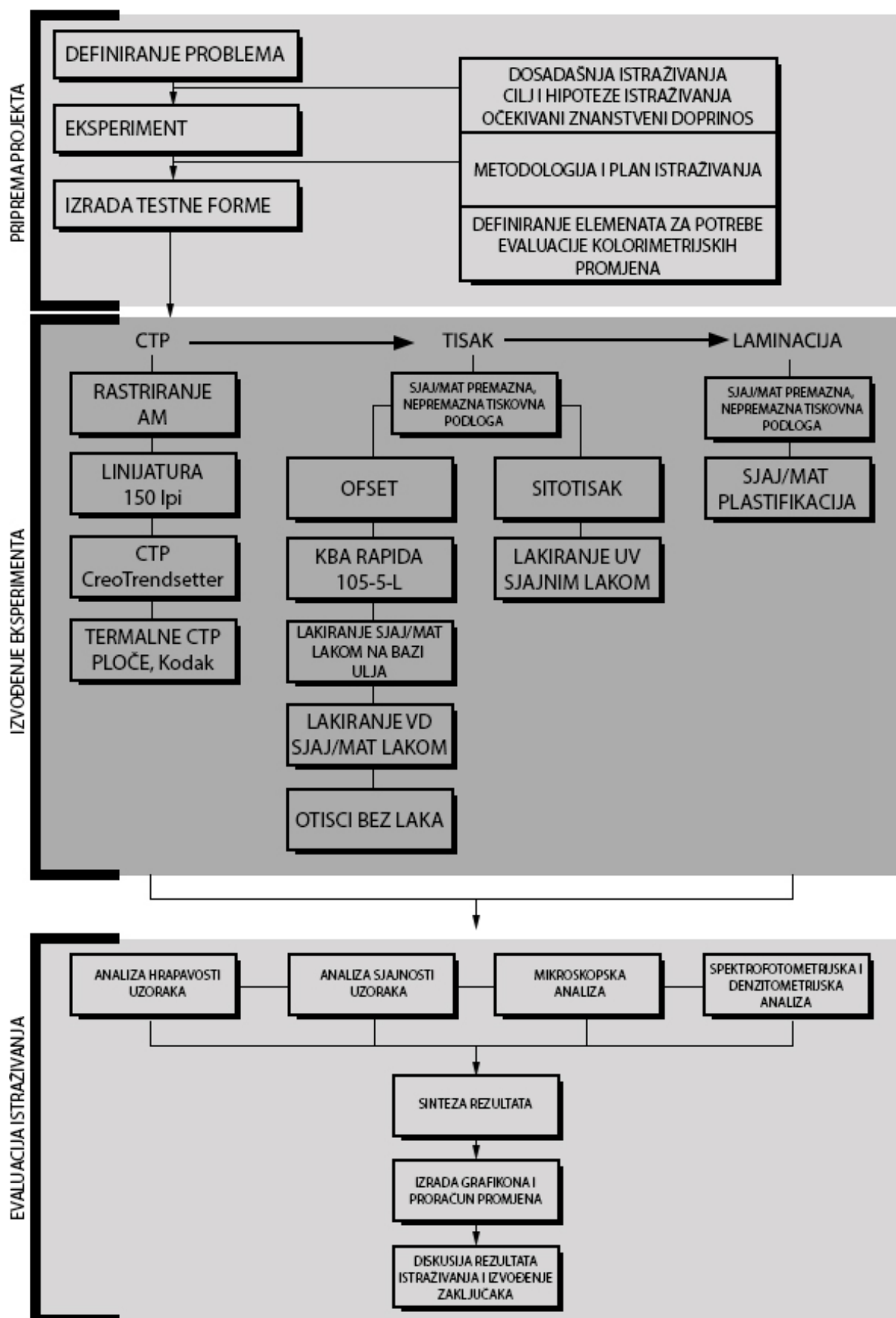
Slično istraživanje, ali u okvirima ofsetne tehnike tiska, naglasak je stavilo na ispitivanje površinske topografije UV lakirane i otisnute tiskovne podloge na sjajnost otiska, također s obzirom na procesne CMYK boje. U spomenutom radu autora Karlović i dr., istraživanje je izvršeno na uzorcima kartona otisnutim na konvencionalnom ofsetnom tiskarskom stroju. Za potrebe ispitivanja površinskih promjena korištena je AFM mikroskopija. Istraživanje je pokazalo smanjenu hrapavost korištenjem UV sjajnog lakiranja, a povećanu hrapavost korištenjem UV mat lakiranja. Povećanje količine UV sjajnog laka rezultiralo je povećanjem sjajnosti. Rad je također potvrdio kolorimetrijske razlike uzoraka. <sup>[37]</sup> Karlović i dr. su proveli i istraživanje koje u jednom dijelu u obzir uzima utjecaj promjene prosječne hrapavosti s obzirom na vododisperzivni sjajni i mat lak nanesen u različitim količinama, prikazano u poglavlju 2.4.2. <sup>[36]</sup> U poglavlju 2.5.4. dan je prikaz istraživanja koje ukazuje na međuovisnost sjajnosti i glatкости s obzirom na različite postupke lakiranja. <sup>[38]</sup> Nekoliko drugih istraživanja također je potvrdilo međuovisnost parametara hrapavosti, količine nanosa laka i sjajnosti tiskovne podloge. <sup>[61,62,63,64,65,66,67]</sup>

Pojedina ispitivanja usmjerena su na utjecaj količine nanesenog laka na promjenu boje. Jedno takvo, nešto starije istraživanje pokazalo je da se ton boje ne mijenja, ali da dolazi do promjene svjetline pod utjecajem promjene količine nanesenoga laka. <sup>[68]</sup> Istraživanje autora Bates i dr. usmjereno na procese promatranja prirodnog i ubrzanog starenja otisaka sa spotnim bojama pokazalo je velike promjene i na premaznim i na nepremaznim tiskovnim podlogama, osobito u tonu, dok su razlike u svjetlosti male. Najveće kolorimetrijske promjene događaju se na *Process Blue* pigmentima, dok su se najstabilnijima pokazali *Red 032* i žuta. <sup>[69]</sup>

### **3.2. Metodologija i plan istraživanja**

Budući da je istraživanje usmjereno na definiranje novih preporuka u standardizaciji ofsetnog tiska, najprije se pristupilo izradi uzoraka u okvirima navedene tehnike tiska. S obzirom na veliki broj boja PMS sustava odabrano je osam različitih, oprečnih boja, a naglasak je stavljen na boje koje su prepoznate kao problematične u grafičkoj reprodukciji. U tom smislu, generirane su tiskovne forme s kontrolnim stripovima u različitim RTV vrijednostima.

Izrađene tiskovne forme sadržavaju definirana mjerna polja spotnih boja PMS sustava različitih valnih duljina te različitih tonaliteta, i to iz područja ljubičaste, plave, zelene, žute i crvene boje spektra. Tijekom izrade eksperimenta korištene su boje renomiranih proizvođača. Prije otiskivanja utvrdilo se eventualno odstupanje od dostupnih referentnih skala boja. Kako bi se ispitala međuovisnost parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te napravila korelacija s promjenama na bojama, za potrebe istraživanja upotrijebit će se najčešće korištene tiskovne podloge u ofsetnoj tehnici tiska različite prema hrapavosti i sjajnosti: sjajno premazni papir, mat premazni papir i nepremazni papir. Cjelokupno otiskivanje uzoraka provodit će se u kontroliranim i standardiziranim uvjetima, a prema ISO 12647-2:2013, kako bi se ostvarila ponovljivost cjelokupnog procesa. Tijekom procesa tiska uzoraka, jedan dio otisaka ostat će nelakiran, a na drugom dijelu otisaka će se provesti lakiranje lakom na bazi ulja u mat i sjajnoj inačici, vododisperzivnim lakom u mat i sjajnoj inačici te UV sjajnim lakom, također u kontroliranim uvjetima. Kako bi se istraživanje dijelom proširilo i na doradne procese, u ispitivanje će se uključiti i termalni mat i sjajni laminacijski postupak. Po završetku izrade otisaka, pristupit će se laboratorijskom ispitivanju raznovrsno lakiranih i nelakiranih uzoraka te onih koji su laminirani. Za potrebe definiranja promjena hrapavosti odnosno glatkosti tiskovne podloge, koristit će se neka od prepoznatih metoda u tiskarskoj industriji kao Bendtsen ili Bekk te mikroskopsko promatranje i vizualizacija površinskih promjena. Za potrebe definiranja postignute sjajnosti, koristit će se aparat za mjerenje sjajnosti, a za potrebe definiranja i izračuna kolorimetrijskih odstupanja koristit će se spektrofotometrijske metode mjerenja. Izvršit će se i denzitometrijska mjerenja. Na osnovu provedenih objektivnih laboratorijskih mjerenja, pristupit će se izračunima koji će pokazati u kojoj je mjeri došlo do kolorimetrijskih promjena spotnih boja uslijed raznovrsnih postupaka lakiranja. Ispitat će se i utvrditi međuovisnost parametara hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge te će se rezultati staviti u korelaciju s promjenama na bojama. Na slici 3.1. prikazana je shema navedenog plana istraživanja.



Slika 3.1. Shema metodologije i plana istraživanja

### 3.3. Korišteni materijali

#### 3.3.1. Tiskovna podloga

Za provedbu eksperimenta te izradu testnih uzoraka na kojima će se provesti laboratorijska mjerenja, odabrane su tri skupine tiskovnih podloga koje se najčešće koriste u svakodnevnom ofsetnom reprodukcijском procesu. Riječ je o mat i sjajnim premaznim tiskovnim podlogama te nepremaznim tiskovnim podlogama, proizvođača UPM. Karakteristike navedenih tiskovnih podloga vidljive su u tablicama 3.1., 3.2. i 3.3.

**Tablica 3.1.** Tehničke karakteristike mat premazne tiskovne podloge <sup>[70]</sup>

Parametar	Standard	Jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	170
Svjetlina (D65/10°)	ISO 2470-2	%	99
CIE bjelina (D65/10°)	ISO 11475	%	125
Prozirnost	ISO 2471	%	98
Sjajnost Hunter	ISO 8254-1	%	52
Sjajnost Lehmann	ISO 8254-2	%	50
Debljina	ISO 534	μm	160
Voluminoznost	ISO 534	cm <sup>3</sup> /g	0,94
Hrapavost PPS	ISO 8791-4	μm	2,0

**Tablica 3.2.** Tehničke karakteristike sjajno premazne tiskovne podloge <sup>[70]</sup>

Parametar	Standard	Jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	170
Svjetlina (D65/10°)	ISO 2470-2	%	98
CIE bjelina (D65/10°)	ISO 11475	%	125
Prozirnost	ISO 2471	%	96,9
Sjajnost Hunter	ISO 8254-1	%	72
Sjajnost Lehmann	ISO 8254-2	%	75
Debljina	ISO 534	μm	127
Voluminoznost	ISO 534	cm <sup>3</sup> /g	0,75
Hrapavost PPS	ISO 8791-4	μm	0,8

**Tablica 3.3.** Tehničke karakteristike nepremazne tiskovne podloge <sup>[71]</sup>

Parametar	Standard	Jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	170
Svjetlina (D65/10°)	ISO 2470-2	%	105
CIE bjelina (D65/10°)	ISO 11475	%	150
Prozirnost	ISO 2471	%	99
Hrapavost Bendtsen	ISO 8791-2	ml/min	250
Debljina	ISO 534	μm	187
Voluminoznost	ISO 534	cm <sup>3</sup> /g	1,10

### 3.3.2. Tiskovna boja

Prilikom tiska uzoraka, koristit će se spotne boje PMS, Pantone Matching System<sup>®</sup> sustava boja. Za provedbu eksperimenta, odabrano je 8 različitih boja iz svih područja vidljivog spektra. Riječ je o bojama PMS sustava koje predstavljaju neke od osnovnih komponenti svih drugih boja sustava. Naglasak je stavljen na boje PMS sustava koje su u grafičkoj industriji prepoznate kao problematične. Korištene su boje iz C (*coated*) PMS skale boja, a prema sljedećim oznakama:

- PANTONE Purple C,
- PANTONE Violet C,
- PANTONE Reflex Blue C,
- PANTONE Green C,
- PANTONE Yellow C,
- PANTONE Orange 021 C,
- PANTONE Warm Red C,
- PANTONE Rubine Red C.



**Slika 3.2.** Simulacija prikaza Pantone<sup>®</sup> boja korištenih za izradu eksperimentalnih uzoraka

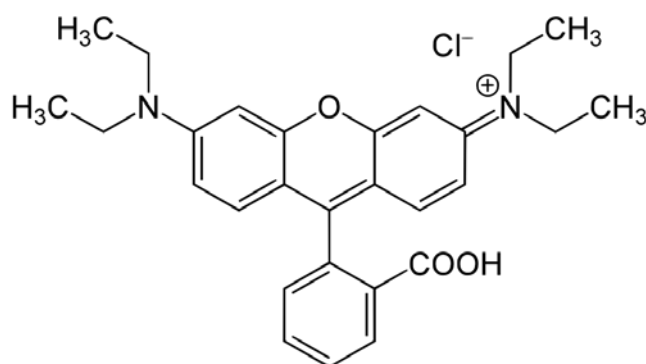
### 3.3.2.1. PANTONE Purple C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Purple C boje prikazane su tablicom 3.4.

**Tablica 3.4.** PANTONE Purple C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

Sustav boja	Vrijednost
RGB	187 41 187
HEX/HTML	BB29BB
CMYK	40 90 0 0

Glavni sastojak boje je pigment *CI Pigment Violet 1* (*PMTA Rhodamine*), oznake 45170:2 i 1326-03-0. <sup>[44]</sup> Topljiv je u vodi, etanolu, polarnim otapalima. *Pigment Violet 1* je sol od *CI Basic Violet 10*, oznake 45170 i 81-88-9 (*Rhodamine B*). Kemijska oznaka spoja Rhodamine B je  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$  strukture prikazane na slici 3.3.



**Slika 3.3.** Rhodamine B,  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$  <sup>[73]</sup>

### 3.3.2.2. PANTONE Violet C

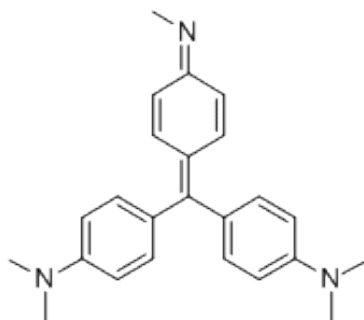
RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Violet C boje prikazane su tablicom 3.5.

**Tablica 3.5.** PANTONE Violet C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

Sustav boja	Vrijednost
RGB	68 0 153
HEX/HTML	440099
CMYK	90 99 0 0



Glavni sastojak boje je pigment *Methyl Violet (PMTA Violet)*, oznake 42535:2 i 1325-82-2 dobre otpornosti na svjetlost i toplinu.<sup>[44]</sup> Proizvodi se korištenjem „trostrukih soli“ fosforne, molibdatne i volframove kiseline. Kemijska formula spoja je  $C_{24}H_{27}N_3$  strukture prikazane na slici 3.4. Topljiv je u vodi i kloroformu, slabo topljiv u etanolu i glicerolu, a netopljiv u eteru.



**Slika 3.4.** CI Pigment Violet 3,  $C_{24}H_{27}N_3$ <sup>[74]</sup>

### 3.3.2.3. PANTONE Reflex Blue C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Reflex Blue C boje prikazane su tablicom 3.6.

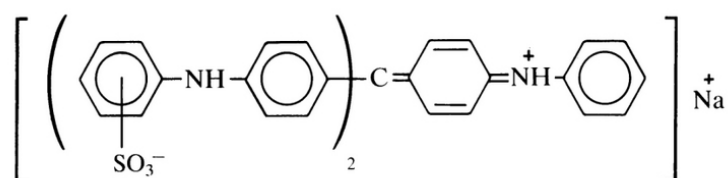
**Tablica 3.6.** PANTONE Reflex Blue C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje<sup>[72]</sup>

Sustav boja	Vrijednost
RGB	0 20 137
HEX/HTML	001489
CMYK	100 89 0 0

Pigmenti *Alkali Blue* glavni su sastojci ove boje. Na području Europe, *Alkali Blue* pigmenti često su poznati i pod nazivom *Reflex Blue*. Testirani prema normativima, otisci koji sadržavaju pigmente *Alkali Blue*, pokazuju otpornost na lužine. Ipak, prilikom povećane koncentracije lužine, snaga boje opada i ton postaje blaži, što je rezultat reakcije pigmenta s lužinom.<sup>[75]</sup> Govoreći o pigmentima *Alkali Blue* najčešće je riječ o:

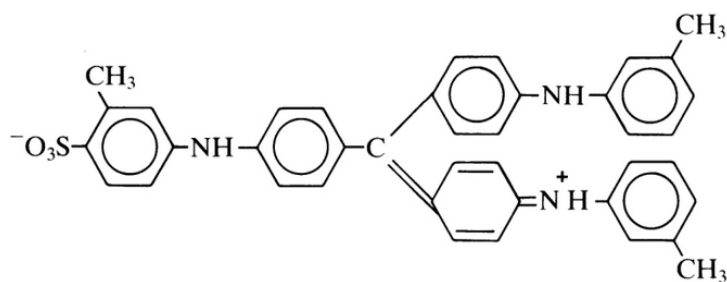
- CI Pigment Blue 18, oznake 42770:1 i 1324-77-2,
- CI Pigment Blue 56, oznake 42800 i 6417-46-5,
- CI Pigment Blue 61, oznake 42765:1 i 1324-76-1.

Od navedene skupine pigmenata, *CI Pigment Blue 56* je najjači i ima najveću otpornost na lužine. *CI Pigment Blue 18* i *CI Pigment Blue 61* imaju vrlo malu otpornost na lužine. <sup>[44]</sup> Pigmenti *Alkali Blue* su najsnažniji plavi pigmenti, koji se osim u proizvodnji plave, koriste i u proizvodnji crne tiskarske boje. *CI Pigment Blue 18*, kemijske formule  $C_{37}H_{28}N_3NaO_6S_2$  ima strukturu prikazanu slikom 3.5.



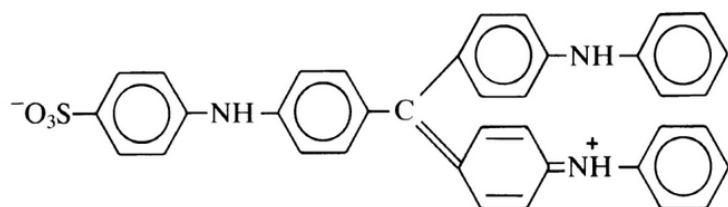
**Slika 3.5.** *CI Pigment Blue 18*,  $C_{37}H_{28}N_3NaO_6S_2$

*CI Pigment Blue 56*, kemijske formule  $C_{40}H_{35}N_3O_3S$  ima strukturu prikazanu slikom 3.6.



**Slika 3.6.** *CI Pigment Blue 56*,  $C_{40}H_{35}N_3O_3S$

*CI Pigment Blue 61*, kemijske formule  $C_{37}H_{29}N_3O_3S$  ima strukturu prikazanu slikom 3.7.



**Slika 3.7.** *CI Pigment Blue 61*,  $C_{37}H_{29}N_3O_3S$

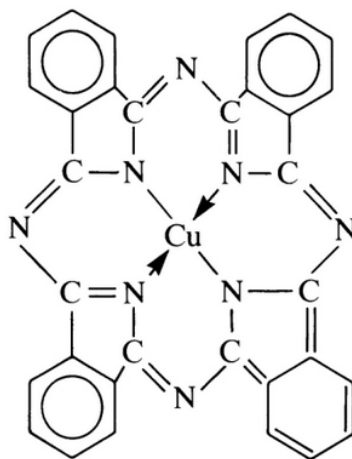
#### 3.3.2.4. PANTONE Green C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Green C boje prikazane su tablicom 3.7.

**Tablica 3.7.** PANTONE Green C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

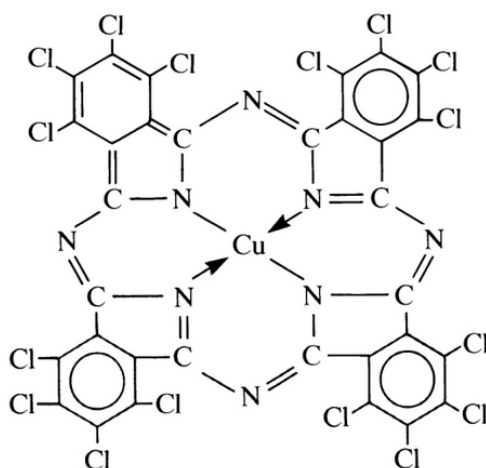
Sustav boja	Vrijednost
RGB	0 171 132
HEX/HTML	00AB84
CMYK	93 0 63 0

*Phthalocyanine Green* (CI Pigment Green 7), oznake 74260 glavni je sastojak ove boje. S oznakama 1328-45-6 i 1328-53-6, kemijske formule mogu biti  $C_{32}H_3Cl_{13}CuN_8$  do  $C_{32}HCl_{15}CuN_8$ . Pigment je vrlo otporan na različite utjecaje te ga odlikuju izvrsna svojstva. Slikom 3.8. prikazana je struktura spoja.



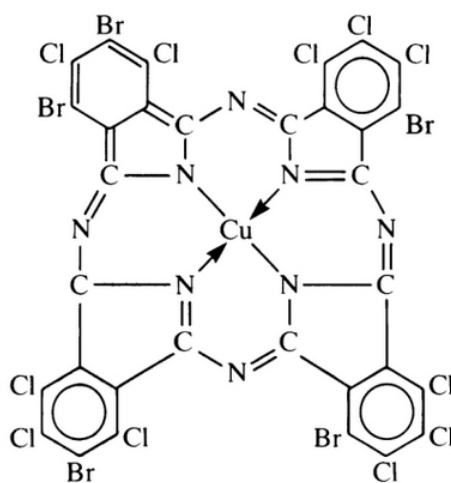
**Slika 3.8.** Osnovna Phthalocyanine molekula <sup>[44]</sup>

U reakciji s klorom, nastaje spoj prikazan slikom 3.9.



*Slika 3.9. Struktura CI Pigment Green 7* <sup>[44]</sup>

*CI Pigment Green 36*, oznake 74265 i 14302-13-7 također ima izvrsna svojstva te za razliku od *CI Pigment Green 7*, sadrži atome broma. Kemijska formula spoja je  $C_{32}Br_6Cl_{10}CuN_8$ , a struktura spoja prikazana je slikom 3.10.



*Slika 3.10. Struktura CI Pigment Green 36* <sup>[44]</sup>

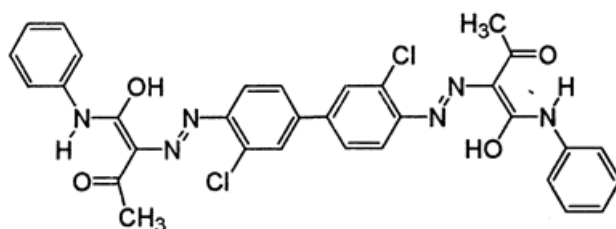
### 3.3.2.5. PANTONE Yellow C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Yellow C boje prikazane su tablicom 3.8.

**Tablica 3.8.** PANTONE Yellow C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

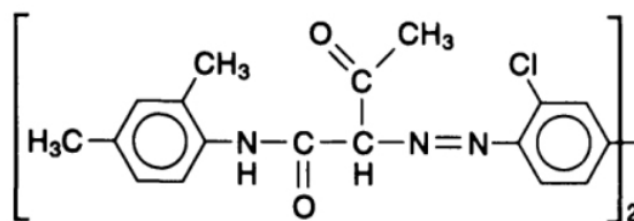
Sustav boja	Vrijednost
RGB	254 221 0
HEX/HTML	FEDD00
CMYK	0 1 100 0

Dyarylilide Yellow pigmenti su organski spojevi koji imaju veliku otpornost na lužine, a u toj skupini pigmenata najčešće govorimo o *Pigment Yellow 12*, *13* i *174*. *Pigment Yellow 12*, oznake 6358-85-6 i 21090 te kemijske formule  $C_{32}H_{26}Cl_2N_6O_4$  ima strukturu prikazanu slikom 3.11.



**Slika 3.11.** Struktura *Pigment Yellow 12*,  $C_{32}H_{26}Cl_2N_6O_4$  <sup>[44]</sup>

*Pigment Yellow 13*, oznake 5102-83-0 i 21100 te kemijske formule  $C_{36}H_{34}Cl_2N_6O_4$  ima strukturu prikazanu slikom 3.12.



**Slika 3.12.** Struktura *Pigment Yellow 13*,  $C_{36}H_{34}Cl_2N_6O_4$  <sup>[45]</sup>

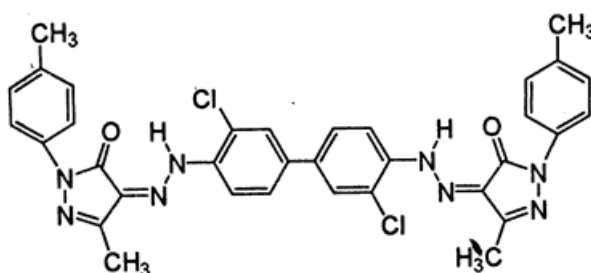
### 3.3.2.6. PANTONE Orange 021 C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Orange 021 C boje prikazane su tablicom 3.9.

**Tablica 3.9.** PANTONE Orange 021 C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

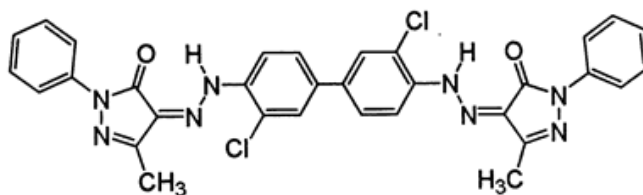
Sustav boja	Vrijednost
RGB	254 80 0
HEX/HTML	FE5000
CMYK	0 65 100 0

Ovoj boji pripadaju organski pigmenti iz skupine *Disazopyrazalone*. <sup>[76]</sup> *Pigment Orange 34*, oznake 15793-73-4 i 21115, najzastupljeniji je iz ove skupine. Kemijska formula spoja je  $C_{34}H_{28}Cl_2N_8O_2$  a struktura je prikazana na slici 3.13.



**Slika 3.13.** Struktura *Pigment Orange 34*,  $C_{36}H_{34}Cl_2N_6O_4$  <sup>[77]</sup>

*Pigment Orange 13*, oznake 3520-72-2 i 21110, također je često korišten pigment. Kemijska formula spoja je  $C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$  a struktura je prikazana na slici 3.14.



**Slika 3.14.** Struktura *Pigment Orange 13*,  $C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$  <sup>[78]</sup>

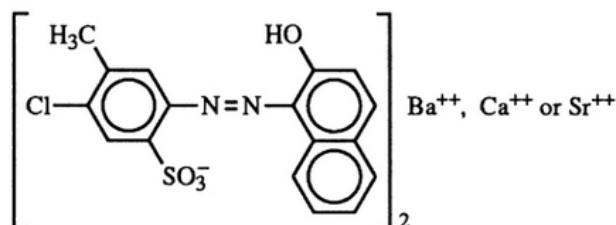
### 3.3.2.7. PANTONE Warm Red C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Warm Red C boje prikazane su tablicom 3.10.

**Tablica 3.10.** PANTONE Warm Red C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

Sustav boja	Vrijednost
RGB	249 66 58
HEX/HTML	F9423A
CMYK	0 83 80 0

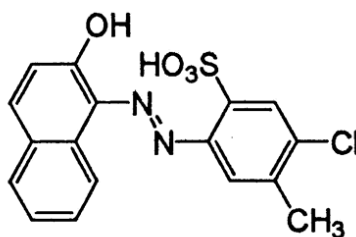
*Lake Red „C“* pigmenti najzastupljeniji su u ovoj boji. U ovisnosti o sastavu, govorimo o *Pigment Red 53*, oznake 15585, *Pigment Red 53* natrijeva sol, oznake 2092-56-0, *Pigment Red 53:1* barijeva sol, oznake 5160-02-1 i 15585. *Pigment Red 53:2* kalcijeva sol i *Pigment Red 53:3* stroncijeva sol, također su moguće inačice. Struktura mogućih spojeva prikazana je slikom 3.15.



**Slika 3.15.** Struktura *Pigment Red 53:1* <sup>[44]</sup>

*Pigment Red 53:1*, oznake 5160-02-1 i 15585, barijeva sol, najzastupljeniji je u ovoj boji.

Kemijska formula spoja je  $C_{17}H_{13}ClN_2O_4S$ , a struktura je prikazana slikom 3.16.



**Slika 3.16.** Struktura *Pigment Red 53:1*,  $C_{17}H_{13}ClN_2O_4S$  <sup>[79]</sup>

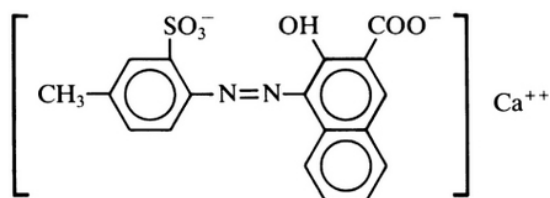
### 3.3.2.8. PANTONE Rubine Red C

RGB, HEX/HTML i CMYK vrijednosti PANTONE Rubine Red C boje prikazane su tablicom 3.11.

**Tablica 3.11.** PANTONE Rubine Red C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup>

Sustav boja	Vrijednost
RGB	206 0 88
HEX/HTML	CE0058
CMYK	0 100 22 3

*Lithol Rubine 4B* pigmenti, kalcijeve soli najzastupljeniji su u ovoj boji. Pri tome, govorimo o pigmentu *Pigment Red 57:1*, oznake 5281-04-9 i 15850, kemijske formule  $C_{18}H_{12}N_2O_6S \cdot Ca$ . Pigment ima malu otpornost prema kiselinama i lužinama. Struktura spoja prikazana je slikom 3.17.



**Slika 3.17.** Struktura *Pigment Red 57:1* <sup>[44]</sup>

### 3.3.3. Mat i sjajni lak na bazi ulja

Za lakiranje lakovima na bazi ulja, korištena je mat i sjajna inačica lakova, ključnih karakteristika prikazanih u tablici 3.12. i 3.13.

**Tablica 3.12.** Osnovne tehničke karakteristike mat laka na bazi ulja <sup>[82]</sup>

Karakteristika	Vrijednost
Oznaka	COLORGRAF LITHOCOTE OPACA 200535
Brzina sušenja	Vrlo velika
Mehanizam sušenja	Apsorpcija i oksidacija
Mogućnost tiskanja	Tiskanje moguće pri velikim brzinama
Moguće tiskovne podloge	Papiri i kartoni
Inline i offline tisak	DA
Vrijednost mat efekta	Dobra
Dobra mehanička otpornost	DA



**Tablica 3.13.** Osnovne tehničke karakteristike sjajnog laka na bazi ulja <sup>[82]</sup>

Karakteristika	Vrijednost
Oznaka	TPF86: TOPFINISH GLOSS F1000:CF01
Brzina sušenja	Vrlo velika
Mehanizam sušenja	Apsorpcija i oksidacija
Mogućnost tiskanja	Tiskanje moguće pri velikim brzinama
Moguće tiskovne podloge	Papiri i kartoni
Inline i offline tisak	DA
Vrijednost sjaja	Visoka
Dobra mehanička otpornost	DA

### 3.3.4. Vododisperzivni mat i sjajni lak

Osnovne karakteristike korištenog vododisperzivnog mat i sjajnog laka prikazane su u tablici 3.14. i 3.15.

**Tablica 3.14.** Osnovne tehničke karakteristike mat vododisperzivnog laka

Karakteristika	Vrijednost
Naziv	Hi-Coat W2450 Matt
Mogućnost obostranog lakiranja	Da
Tiskovne podloge	Papiri i kartoni
Mat efekt	3
Otpornost na sljepljivanje	3
Klizavost	2
Brzina sušenja	3
Otpornost na otiranje	2
Udio čvrstih tvari	38 % $\pm$ 4 %
Viskoznost	45 s DIN4 20°C $\pm$ 3 s
Specifična gravitacija	1,04 g/cm <sup>3</sup> $\pm$ 0,04

**Tablica 3.15.** Osnovne tehničke karakteristike sjajnog vododisperzivnog laka

Karakteristika	Vrijednost
Naziv	Hi-Coat W849
Mogućnost obostranog lakiranja	Da
Tiskovne podloge	Papiri i kartoni
Sjajnost	3
Otpornost na sljepljivanje	3
Klizavost	3
Brzina sušenja	3
Otpornost na otiranje	3

Udio čvrstih tvari	32 % $\pm$ 4 %
Viskoznost	45 s DIN4 20°C $\pm$ 4 s
Specifična gravitacija	1,04 g/cm <sup>3</sup> $\pm$ 0,04

### 3.3.5. UV sjajni lak

Tehnikom sitotiska na dio otisnutih uzoraka nanesen je UV sjajni lak Sericol FujiFilm Uvibond, tehničkih karakteristika prikazanih tablicom 3.16.

**Tablica 3.16.** Osnovne tehničke karakteristike Sericol FujiFilm Uvibond UV sjajnog laka <sup>[80]</sup>

Karakteristika	Vrijednost
Oznaka	UV391 Visoko sjajni
Viskoznost	Mala
Stvrdnjavanje	do 50 m/min s lampama 2x80 watt/cm
Razrjeđivanje	< 15 % ZE637
Otpornost na sljepljivanje	Vrlo dobra
Kompatibilnost sa sitotiskarskim bojama	Dobra
Kompatibilnost sa ofsetnim bojama	Dobra

Korišteni UV lak ne sadržava nikakve otrovne, kancerogene ili mutagene sastojke. Ne sadržava tvari koje djeluju štetno na ozonski omotač, niti sadrži hlapljiva otapala štetna za okoliš.

### 3.3.6. Folije za mat i sjajni termalni laminacijski postupak

U svrhu termalnog laminacijskog postupka odnosno plastificiranja uzoraka, korištene su termalne mat i sjajne folije proizvođača KDX. Riječ je o BOPP folijama tehničkih karakteristika prikazanih u tablici 3.17. i 3.18.

**Tablica 3.17.** Osnovne tehničke karakteristike KDX sjajne folije <sup>[81]</sup>

Parametar	Standard	Jedinica	Vrijednost
Debljina	GB/T6672	μm	25
BOPP debljina	GB/T6672	μm	12
Debljina ljepila	GB/T6672	μm	13
Maks./min. tolerancija debljine	GB/T6672	%	$\pm$ 8
Vlačna čvrstoća	GB13022	MPa	MD $\geq$ 70 TD $\geq$ 130
Istezanje pri lomu	GB13022	%	MD $\leq$ 200 TD $\leq$ 60

Skupljanje pri zagrijavanju	GB/T10003	%	MD $\leq$ 1,5 TD $\leq$ 1,0
Propusnost	GB2410	%	$\geq$ 90
Neprozirnost	GB2410	%	$<$ 5
Sjajnost	ASTM 2457	45°	$\geq$ 125

**Tablica 3.18.** Osnovne tehničke karakteristike KDX mat folije <sup>[81]</sup>

Parametar	Standard	Jedinica	Vrijednost
Debljina	GB/T6672	$\mu\text{m}$	26
BOPP debljina	GB/T6672	$\mu\text{m}$	13
Debljina ljepila	GB/T6672	$\mu\text{m}$	13
Maks./min. tolerancija debljine	GB/T6672	%	$\pm$ 8
Vlačna čvrstoća	GB13022	MPa	MD $\geq$ 60 TD $\geq$ 100
Istezanje pri lomu	GB13022	%	MD $\leq$ 210 TD $\leq$ 70
Skupljanje pri zagrijavanju	GB/T10003	%	MD $\leq$ 1,5 TD $\leq$ 1,0
Neprozirnost	GB2410	%	70 $\pm$ 10

### 3.3.7. Tiskovna forma

Tiskovna forma za provedbu eksperimenta, izrađena je CtP procesom na Lecai ofsetnim pločama s karakteristikama prikazanim u tablici 3.19.

**Tablica 3.19.** Osnovne tehničke karakteristike Lecai ofsetnih ploča <sup>[83]</sup>

Karakteristika	Vrijednost / Opis
Vrsta ploča	Pozitivna termalna ploča
Podloga	Elektrokemijski obrađeni i anodizirani aluminij
Premaz	Dvoslojni sustav, IR osjetljivi, pozitivski
Mjera	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 mm
Boja premaza	Plava
Laserska energija	90 – 120 mJ/m <sup>2</sup>
Spektralna osjetljivost	800 – 850 nm
Rezolucija	1 – 99 % pri 300 lpi
Temperatura procesiranja	23 $\pm$ 2°C
Vrijeme procesiranja	25 – 30 s
Brzina procesiranja	0.80 – 1.20 m/min

### 3.3.8. Ofsetna guma

Tijekom procesa tiska korištene su Sava AdvantagePlus ofsetne gume karakteristika prikazanih u tablici 3.20.

**Tablica 3.20.** Osnovne tehničke karakteristike Sava AdvantagePlus ofsetne gume <sup>[84]</sup>

Karakteristika	Vrijednost
Boja površine	Plava
Tip	Kompresibilno
Obrada površine	Brušeno i polirano
Površinska hrapavost	0,60 – 0,90 $\mu\text{m}$
Mikro tvrdoća	65 +/- 3 IRHD
Rastezanje	< 0,70 % pri 500 N / 5 cm
Nominalna debljina	1,95 mm (ISO 12636) 1,70 mm (ISO 12636)

### 3.4. Korišteni strojevi

#### 3.4.1. CTP

Za izradu tiskovnih formi, korišten je CtP uređaj Creo Trendsetter 800 II Quantum. Riječ je o kalibriranom CtP stroju, proizvodne mogućnosti od 30 osvijetljenih ofsetnih ploča u periodu od 60 minuta. Tehničke karakteristike stroja prikazane su tablici 3.21.

**Tablica 3.21.** Tehničke karakteristike CtP stroja Creo Trendsetter 800 II Quantum <sup>[85]</sup>

Parametar	Vrijednost
Tehnologija	830 nm termalni CtP uređaj, poluautomatski, vanjski bubanj
Ulaganje/Izlaganje ploča	Poluautomatsko, uz mogućnost ugradnje automatskog vođenja procesa
Vrijeme osvjetljavanja	S brzina: 3,2 min F brzina: 2 min V brzina: 1,25 min
Brzina procesa osvjetljavanja s ugrađenim opcijama <i>ContinuousLoad</i> ili <i>Autoloader</i>	S brzina: 16 ploča/h F brzina: 24 ploče/h V brzina: 34 ploče/h
Ponovljivost	± 5 microns između dvaju osvijetljenih ploča (na najvećem formatu)
Preciznost	± 20 microns između dvaju osvijetljenih ploča na različitim uređajima
Registar	25 microns između slike i ruba (na najvećem formatu)
Mogućnost spajanja	Creo Brisque Creo Prinergy Spajanje na <i>third-party</i> okruženje
Rezolucija	96 dpmm (2400 dpi)
Rasteriziranje	450 lpi max.linijatura Mogućnost <i>staccato</i> rasteriziranja
Maksimalna veličina osvjetljavanja	824x1143 mm
Maksimalna veličina osvjetljavanja s opcijom <i>Autoloader</i>	799x1118 mm
Vrsta medija	Termalne IR osjetljive aluminijske ploče 830 nm Termalni IR osjetljivi film 830 nm
Veličina ploče s opcijom <i>ContinuousLoad</i> ili <i>Autoloader</i>	Minimalni format: 394x521 mm Maksimalni format: 813x1118 mm
Debljina medija	Ofsetne ploče: 0,15 – 0,40 mm Filmovi: 0,18 mm
Temperatura radnog okruženja	17 – 30°C
Relativna vlažnost radnog okruženja	20 – 70 %
Jakost električne struje	20 A

Laser	Laser klase 1 sukladan s EN 60825-1 i 21 CFR 1040.10 – CDRH
Elektro magnetska kompatibilnost	FCC Part 15 (Class A); EN 55022/CISPR-22 (Class A); EN 55082-2/EIC 1000-4-2, 1000-4-3, 1000-4-4, 1000-4-6, 1000-4-8
Veličina s opcijom <i>Autoloader</i> (VxŠxD)	1575x2743x1092

### 3.4.2. Ofsetni tiskarski stroj

Uzorci predviđeni za eksperimentalni dio istraživanja otiskivani su na tiskarskom ofsetnom stroju novije generacije u tiskari koja posjeduje i posluje prema ISO 9001, ISO 14001 i ISO 12647 ProcessStandard Offset standardima. Korišten je KBA Rapida 105-5+L tiskarski stroj B1+ formata, koji osim standardne opreme ima i ErgoTronic ColorControl i QualiTronic ColorControl uređaje za kontrolu i održavanje nanosa boja tijekom tiska naklade. Neke od osnovnih tehničkih karakteristika stroja prikazane su u tablici 3.22.

**Tablica 3.22.** Osnovne tehničke karakteristike KBA Rapida 105-5+L tiskarskog stroja <sup>[86]</sup>

Parametar	Vrijednost	Jedinica
Maksimalni format papira	720x1050	mm
Minimalni format papira	360x520	mm
Maksimalni format otiska	710x1040	mm
Debljine tiskovnih podloga	60 – 500	g/m <sup>2</sup>
Maksimalna brzina otiskivanja	16 000	ar/h
Visina palete – ulagači aparat	1300	mm
Visina palete – izlagači aparat	1200	mm
Veličina ofsetne ploče	795x1050	mm
Veličina ofsetne gume	860x1060	mm
Broj tiskovnih jedinica	5	kom
Mogućnost VD lakiranja	DA	

Prikaz korištenog stroja vidljiv je na slici 3.18.



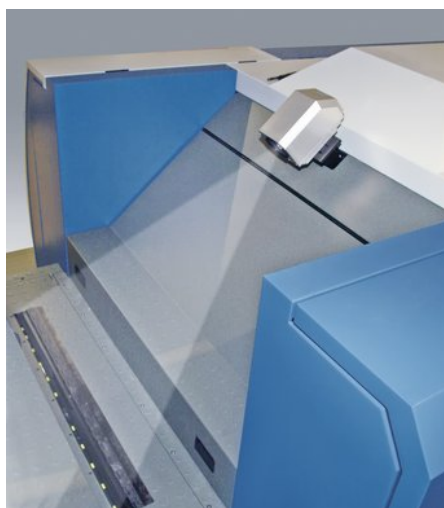
*Slika 3.18. KBA Rapida 105-5+L*

Osobitost korištenog tiskarskog stroja jest da ima ErgoTronic ColorControl i QualiTronic ColorControl uređaje. ErgoTronic ColorControl je automatski uređaj za mjerenje koji s pomoću pokretne glave može skenirati i očitati vrijednosti mjernog klina na otisnutom arku. Po završetku skeniranja mjernog klina, na monitoru se prikazuju očitane vrijednosti, koje mogu biti postavljene kao referentne vrijednosti boja tijekom tiska ostatka naklade. Nakon potvrđivanja referente vrijednosti boja, stroj automatski podešava zone bojanika te održava jednake vrijednosti nanosa boja.<sup>[87]</sup>



*Slika 3.19. ErgoTronic ColorControl stroja KBA Rapida 105-5+L<sup>[89]</sup>*

QualiTronic ColorControl je *inline* sustav za mjerenje boja. S pomoću integrirane kamere, moguće je automatsko mjerenje gustoće boja na kontrolnim stripovima. Prilikom početka otiskivanja, kontrolni strip se skenira direktno na tiskarskom stroju, a izmjerene vrijednosti prikazuju se na monitoru u realnom vremenu. Ova mjerenja omogućuju i kreiranje izvještaja o tijeku tiska i vrijednostima boja tijekom tiska za svaku nakladu koja je otisnuta. Izvještaji također sadržavaju podatke o eventualnim zastoјima tijekom tiska te o prosječnim brzinama tiska. <sup>[88]</sup>



**Slika 3.20.** QualiTronic ColorControl stroja KBA Rapida 105-5+L – inline kamera <sup>[89]</sup>

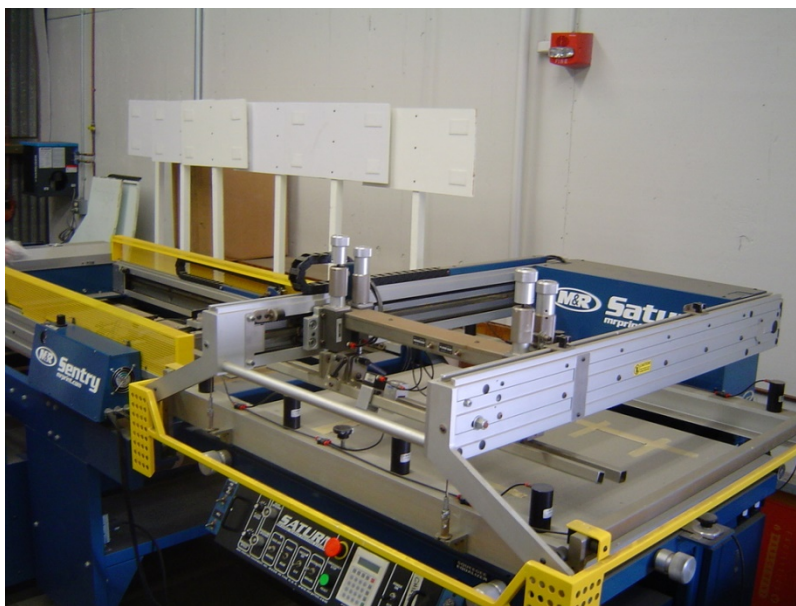
### 3.4.3. Stroj za nanošenje UV laka

Po završetku procesa ofsetnog tiska otisnuti eksperimentalni uzorci podvrgnuti su procesu sušenja u periodu od 24 h. UV sjajni lak nanesen je tehnikom sitotiska strojem tehničkih karakteristika prikazanih u tablici 3.23. Postupak UV lakiranja proveden je u kontroliranim i standardiziranim uvjetima. Sušenje se ostvaruje putem dodatka VITRAN II opremljenog s dvije UV lampe. Prikaz strojeva vidljiv je na slikama 3.21. i 3.22.

**Tablica 3.23.** Osnovne tehničke karakteristike M&R Saturn sitotiskarskog stroja

Karakteristika	Vrijednost
Zrak pri 6,9 bar (100 psi)	85 l/min
Max. format okvira	106x127x5,7 cm
Max. format otiska	64x97 cm
Korišteno sito	150.34





*Slika 3.21. Sitotiskarski stroj M&R Saturn*



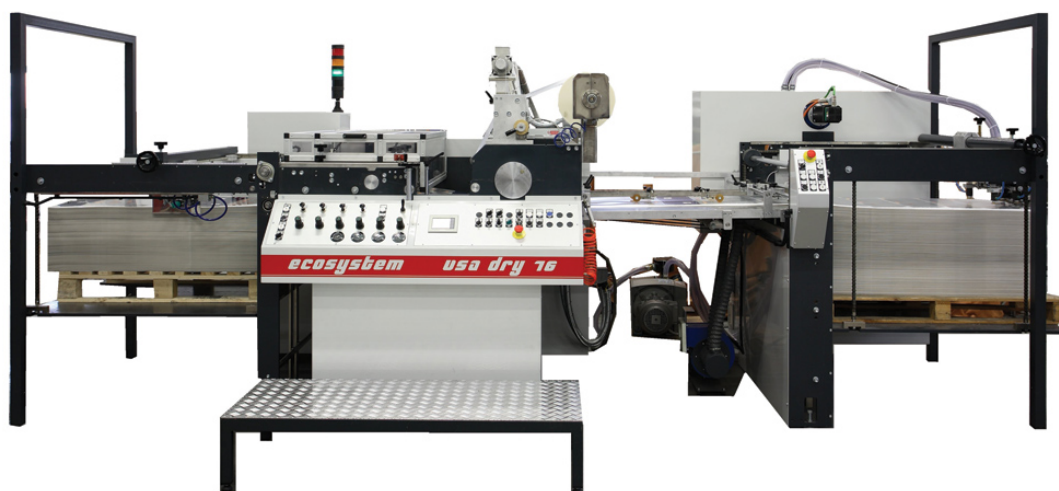
*Slika 3.22. VITRAN II dodatak s UV lampama <sup>[91]</sup>*

#### **3.4.4. Stroj za termalni laminacijski postupak**

Postupak termalne laminacije sjajnom i mat folijom proveden je po završetku otiskivanja tiskovne forme potrebne za izvršenje eksperimenta, nakon sušenja otisaka u periodu od 24 h. Termalni laminacijski postupci provedeni su na stroju ECOSYSTEM USA DRY 76, tehničkih karakteristika prikazanih tablicom 3.24. Prikaz stroja vidljiv je na slici 3.23.

**Tablica 3.24.** Osnovne tehničke karakteristike ECOSYSTEM USA DRY 76 stroja za plastifikaciju <sup>[90]</sup>

Karakteristika	Vrijednost / Opis
Maksimalni format	760x1060 cm
Moguća gramatura papira	100 – 600 g/m <sup>2</sup>
Maksimalna brzina	8000 Ar/h



**Slika 3.23.** ECOSYSTEM USA DRY 76 stroj za plastifikaciju <sup>[92]</sup>

### 3.5. Korišteni uređaji za mjerenje

#### 3.5.1. Mjerni uređaj PTI-Line BEKK tester za određivanje glatkosti

Uređaj je namijenjen mjerenju glatkosti papira i sličnih materijala prema Bekk metodi. Riječ je o egzaktnoj metodi koja se bazira na prolazu zraka između papira i glatke površine. Upravljanje uređajem vrlo je jednostavno zahvaljujući zaslonu osjetljivom na dodir. Broj glatkosti prema BEKK-u izražava se u sekundama. Što je taj broj veći, to je površina papira glada.<sup>[93]</sup> Osnovne tehničke karakteristike prikazane su tablicom 3.25.

**Tablica 3.25.** Osnovne tehničke karakteristike PTI line BEKK tester uređaja za mjerenje glatkosti uzoraka

Karakteristika	Vrijednost
Standardi	ISO 5627, DIN 53107, TAPPI T479
Mjerno područje	50.7 – 48.0 kPa, 50.7 – 29.3 kPa
Mjerna površina	10 cm <sup>2</sup>
Odabir volumena	10 ml (standardni 1/1), 1 ml (1/10) i 0,5 ml (1/20)
Točnost mjerenja	0,01 s

#### 3.5.2. Mjerni uređaj X-Rite Elcometer 407 Statistical Glossmeter za mjerenje sjajnosti uzoraka

Elcometer 407 služi mjerenju sjajnosti podloge, otiska, laka i sl. Omogućuje tri kuta mjerenja: 20°, 60° i 85°. Točnost uređaja je  $\pm 0.1$  GU (*Gloss units*). Mogućnost memoriranja iznosi do 200 mjerenja po kutu. Osnovne tehničke karakteristike prikazane su tablicom 3.26.

**Tablica 3.26.** Osnovne tehničke karakteristike X-Rite Elcometer 407 Statistical Glossmeter za mjerenje sjajnosti uzoraka

Karakteristika	Vrijednost
Kut mjerenja	20°, 60° i 85°
Standardi	AS/NZS 1580.602.2, ASTM C 584, ASTM D 1455, ASTM D 2457, ASTM D 4039, ASTM D 523, DIN 67530, ECCA T2, EN 12373-11, EN 13523-2, ISO 2813, ISO 7668, JIS K 5600-4-7, JIS Z 8741, TAPPI T 653.

### 3.5.3. Mikroskop Dino–Lite AM413T Dino-Lite Pro

Mikroskop Dino-Lite Pro je USB mikroskop za evaluaciju otisaka. U kombinaciji s programom DinoCapture moguće je mjeriti udaljenosti između elemenata, njihove promjere i površine. Mikroskop povećava objekte do 200 puta. MicroTouch senzor osjetljiv na dodir daje korisniku mogućnost fotografiranja promatranog uzorka. Osnovne tehničke karakteristike prikazane su tablicom 3.27.

**Tablica 3.27.** Osnovne tehničke karakteristike mikroskopa Dino–Lite AM413T Dino-Lite Pro

Karakteristika	Vrijednost
Povećanje	20x – 50x, 200x
Detektor	Color CMOS 1.3 megapiksela
Osvjetljenje	8 LED dioda

### 3.5.4. Mikroskop Leica Microsystems DM2500

Koristi se za mikroskopiranje otisaka, papira i tiskovnih formi. Ima mogućnosti odabira upadnog i prolaznog osvjetljenja. Osnovne tehničke karakteristike mikroskopa prikazane su tablicom 3.28.

**Tablica 3.28.** Osnovne tehničke karakteristike mikroskopa Leica Microsystems DM2500

Karakteristika	Vrijednost
Objektivi	2,5, 10, 20 i 40x
Osvjetljenje	12V 100W halogen
Mogućnosti	Pomični stol, montiranje digitalne kamere na međuoptiku

### 3.5.5. Spektrofotometar X-Rite eXact

X-Rite eXact je uređaj koji služi za spektrofotometrijska i kolorimetrijska mjerenja na širokom rasponu različitih materijala od papira do tekstila. Služi za mjerenje i kontrolu otiskivanja s konvencionalnim i specijalnim bojilima. Kako bi se postigla optimalna točnost u svim slučajevima, integriran je bijeli standard (referentna točka) koji omogućuje automatsku kalibraciju bez potrebe intervencije korisnika. X-Rite eXact omogućuje mjerenje denzitometrijske vrijednosti, prirast rasterskog elementa, prihvaćanje boje na boju (*trapping*) te spektrofotometrijske vrijednosti (CIE  $L^*a^*b^*$ ), ali i brojne druge mogućnosti. Osnovne tehničke karakteristike prikazane su tablicom 3.29.

**Tablica 3.29.** Osnovne tehničke karakteristike uređaja X-Rite eXact

Karakteristika	Vrijednost
Raspon valnih duljina	400 – 700 nm
Raspon mjerenja	0 – 200 % reflektancija
Brzina mjerenja	2 s
Optička razlučivost	10 nm
Geometrija	45° / 0°
Standardni promatrač	2° / 10°
Mjerna površina	Ø1.5, Ø2, Ø4, Ø6 mm
Standard	ISO 13655:2009

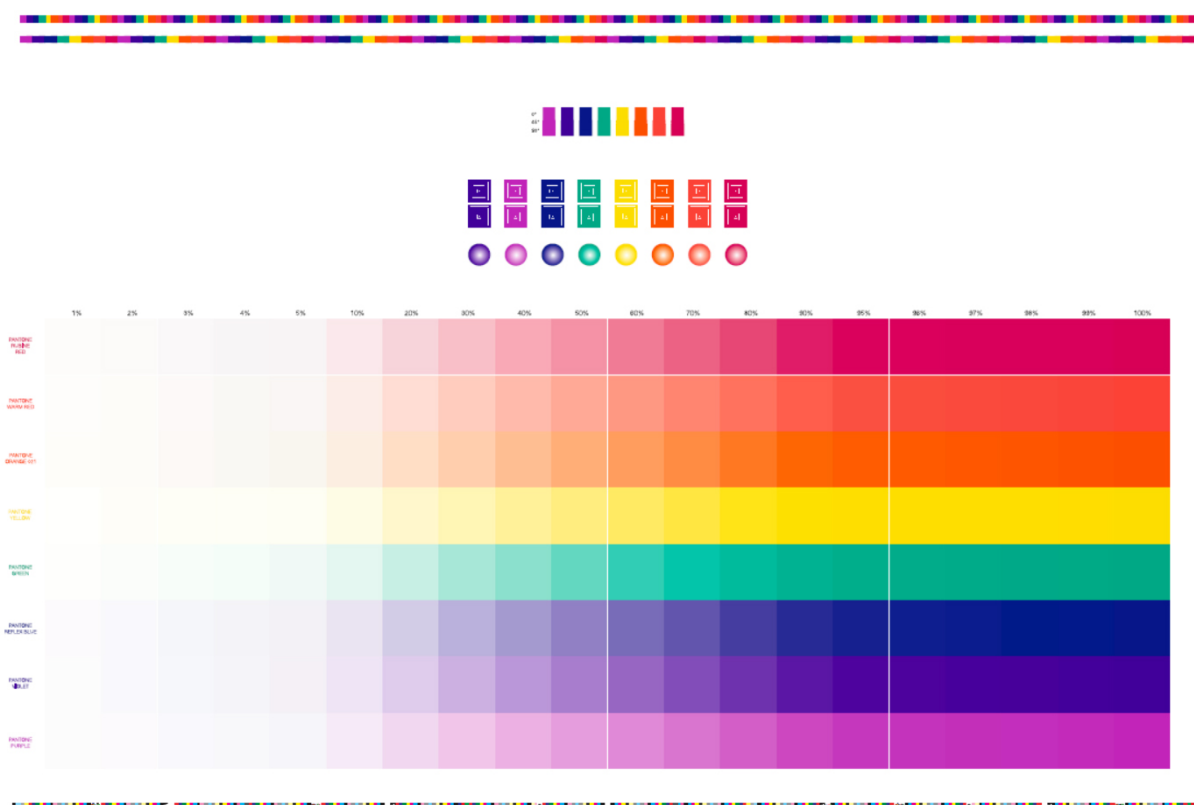


**Slika 3.24.** Mjerni uređaj X-Rite eXact

## 3.6. Rezultati istraživanja

### 3.6.1. Testni elementi na tiskovnoj formi

Prethodno izradi uzoraka potrebitih za provedbu eksperimenta, kreirana je tiskovna forma, koja sadrži otisnute mjerne klinove za 8 različitih boja PMS sustava. Boje PMS sustava su otisnute u rastertonskim vrijednostima 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 100 %. Osim spomenutih polja, otisnut je standardizirani mjerni klin neophodan za ispravan rad QualiTronic sustava tiskarskog stroja te ColorControl sustava za održavanje jednakog nanosa boja tijekom tiska naklade. Na eksperimentalnoj formi otisnuti su i signalni stripovi kojima je moguće jednostavno utvrđivanje geometrijskih deformacija u tisku. Na slici 3.25 vidljiv je prikaz tiskovne forme korištene za provedbu eksperimenta.



*Slika 3.25. Tiskovna forma korištena za provedbu eksperimenta*

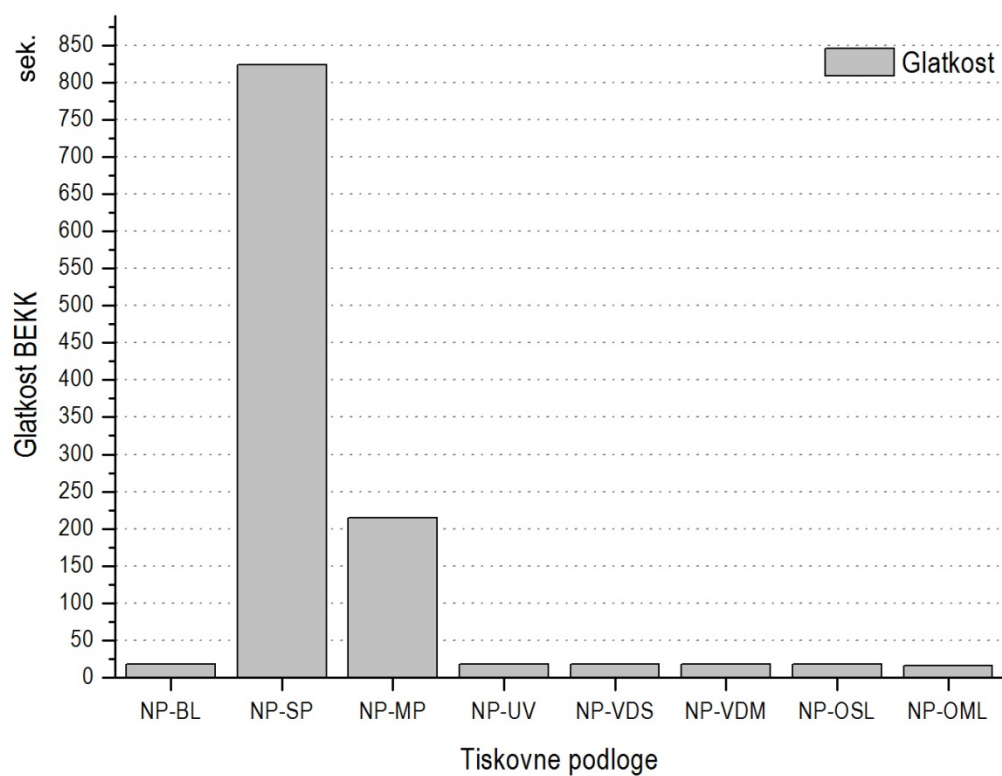
### 3.6.2. Rezultati glatkosti uzoraka

Na svakoj vrsti tiskovne podloge provedena su mjerenja glatkosti. Mjerenja su provedena najprije na svim vrstama papirima bez lakova ili laminacijskih folija, a potom su mjerenja provedena i na svim mogućim varijacijama s obzirom na različite lakove. BEKK metoda kao egzaktna metoda za određivanje glatkosti odgovara standardima ISO 5627, DIN 53107, TAPPI T479. Mjerenja su provedena pri 0,5 mL volumena zraka (1/20).

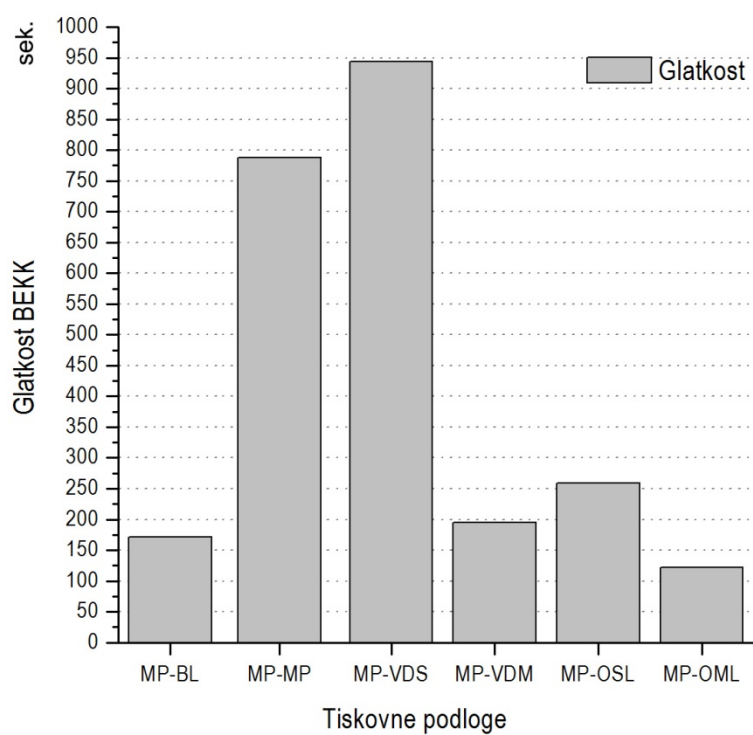
**Tablica 3.30.** Način označavanja eksperimentalnih uzoraka i izvedivost mjerenja

Način lakiranja / plastifikacije	Nepremazni	Sjajni premazni	Mat premazni
Bez lakova	✓ NP-BL	✓ SP-BL	✓ MP-BL
Sjajna plastifikacija	✓ NP-SP	✗ SP-SP	✗ MP-SP
Mat plastifikacija	✓ NP-MP	✓ SP-MP	✓ MP-MP
UV sjajni lak	✓ NP-UV	✗ SP-UV	✗ MP-UV
VD sjajni lak	✓ NP-VDS	✓ SP-VDS	✓ MP-VDS
VD mat lak	✓ NP-VDM	✓ SP-VDM	✓ MP-VDM
Sjajni lak na bazi ulja	✓ NP-OSL	✓ SP-OSL	✓ MP-OSL
Mat lak na bazi ulja	✓ NP-OML	✓ SP-OML	✓ MP-OML

Kako je i vidljivo u tablici 3.30., uzorci namijenjeni eksperimentalnom mjerenju označeni su na način: NP – nepremazni papir; SP – sjajno premazni papir; MP – mat premazni papir. U tom kontekstu oznaka NP-UV odnosi se na nepremazni papir s UV lakom; SP-VDS odnosi se na sjajno premazni papir s VD sjajnim lakom, a primjerice MP-MP na uzorak mat premaznog papira s mat plastifikacijom. Oznaka BL odnosi se na uzorke bez lakova. Tijekom provedbe analize glatkosti, BEKK metodom nije bilo moguće izmjeriti uzorke SP-SP (sjajno premazni papir sa sjajnom plastifikacijom), SP-UV (sjajno premazni papir s UV sjajnim lakom), MP-SP (mat premazni papir sa sjajnom plastifikacijom), MP-UV (mat premazni papir s UV sjajnim lakom). Rezultati mjerenja uzoraka prikazani su slikama 3.26., 3.27. i 3.28.

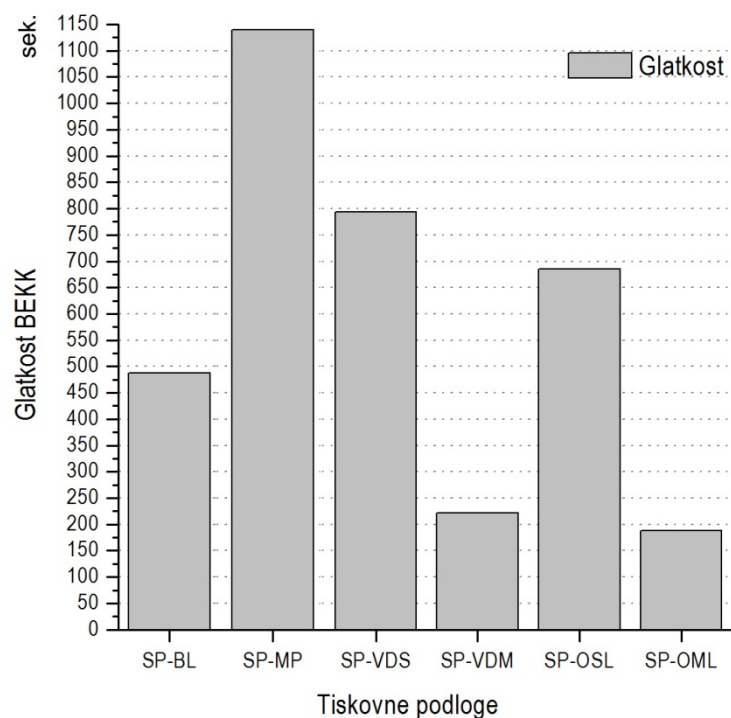


*Slika 3.26. Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na nepremaznom papiru*



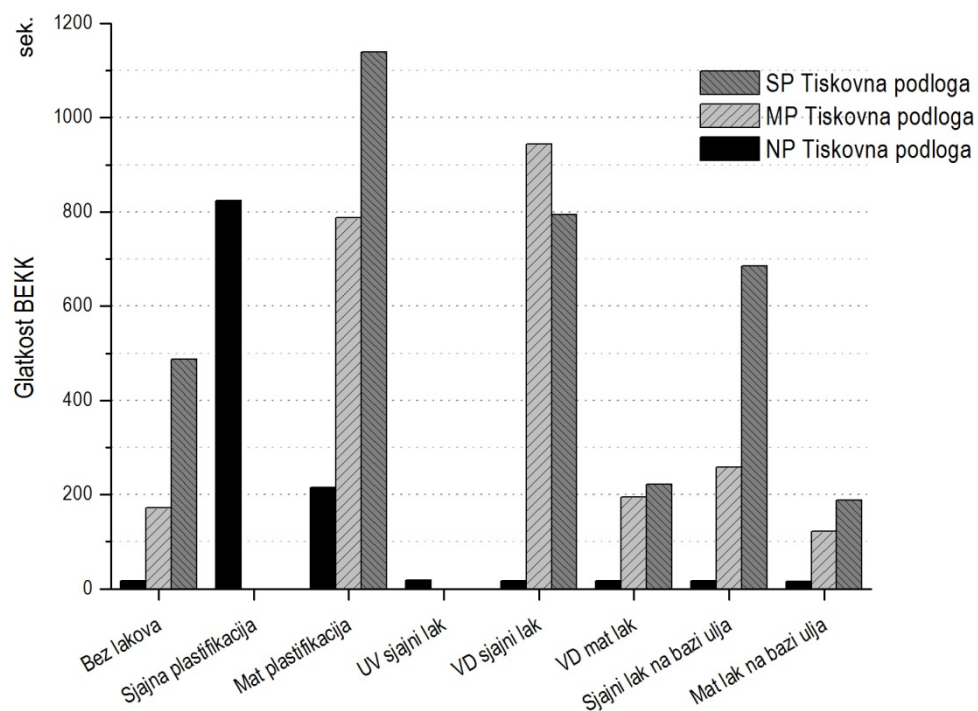
*Slika 3.27. Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na mat premaznom papiru*





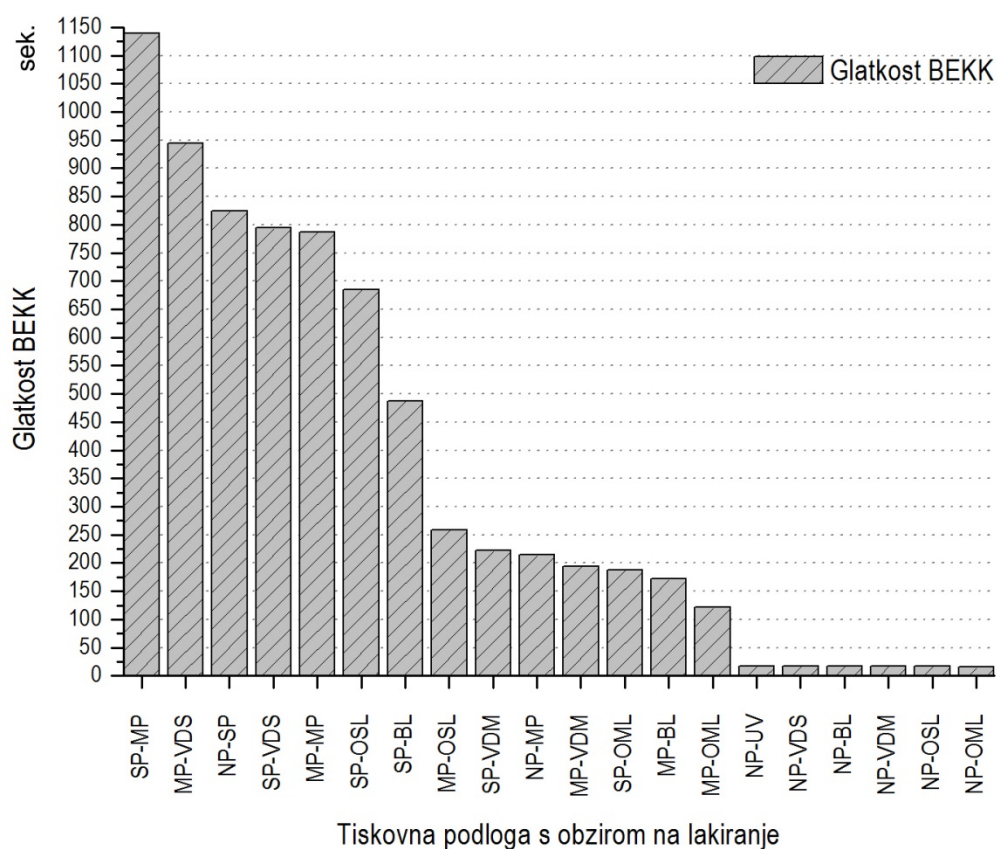
**Slika 3.28.** Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na sjajno premaznom papiru

Slika 3.29. daje prikaz rezultata mjerenja glatkosti s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije.



**Slika 3.29.** BEKK glatkost s obzirom na različite vrste lakiranja i različite plastifikacije

Prikaz izmjerenih vrijednosti glatкости uzoraka poredanih s obzirom na najveću glatкость prema najmanjoj, dan je slikom 3.30.



**Slika 3.30.** Rezultati mjerenja BEKK glatкости poredani po veličini

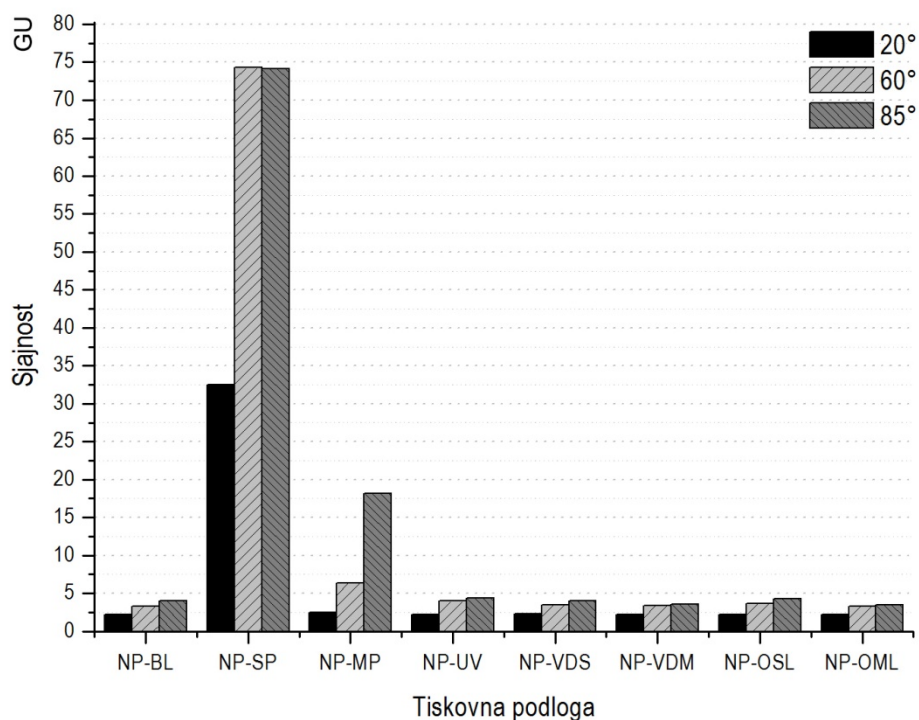
### 3.6.3. Rezultati sjajnosti uzoraka

Mjerenje sjajnosti svih uzoraka provedeno je uređajem Elcometer 407 koji omogućava mjerenje s obzirom na 3 različita kuta: 20°, 60° i 85°.

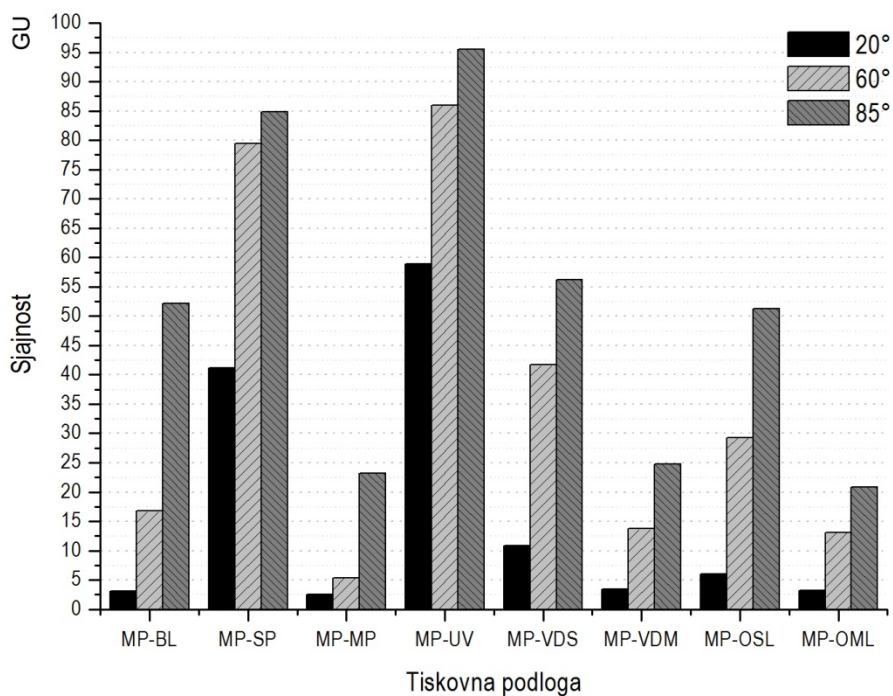
**Tablica 3.31.** Način označavanja eksperimentalnih uzoraka i izvedivost mjerenja

Način lakiranja / plastifikacije	Nepremazni	Sjajni premazni	Mat premazni
Bez lakova	✓ NP-BL	✓ SP-BL	✓ MP-BL
Sjajna plastifikacija	✓ NP-SP	✓ SP-SP	✓ MP-SP
Mat plastifikacija	✓ NP-MP	✓ SP-MP	✓ MP-MP
UV sjajni lak	✓ NP-UV	✓ SP-UV	✓ MP-UV
VD sjajni lak	✓ NP-VDS	✓ SP-VDS	✓ MP-VDS
VD mat lak	✓ NP-VDM	✓ SP-VDM	✓ MP-VDM
Sjajni lak na bazi ulja	✓ NP-OSL	✓ SP-OSL	✓ MP-OSL
Mat lak na bazi ulja	✓ NP-OML	✓ SP-OML	✓ MP-OML

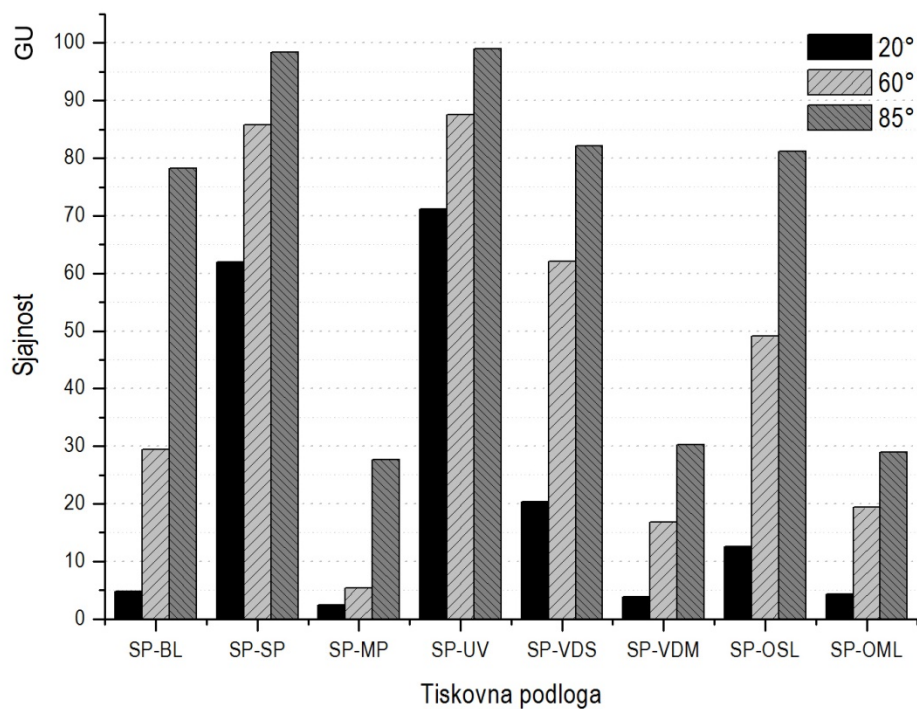
Rezultati mjerenja uzoraka prikazani su slikama 3.31., 3.32., 3.33., 3.34 i 3.35.



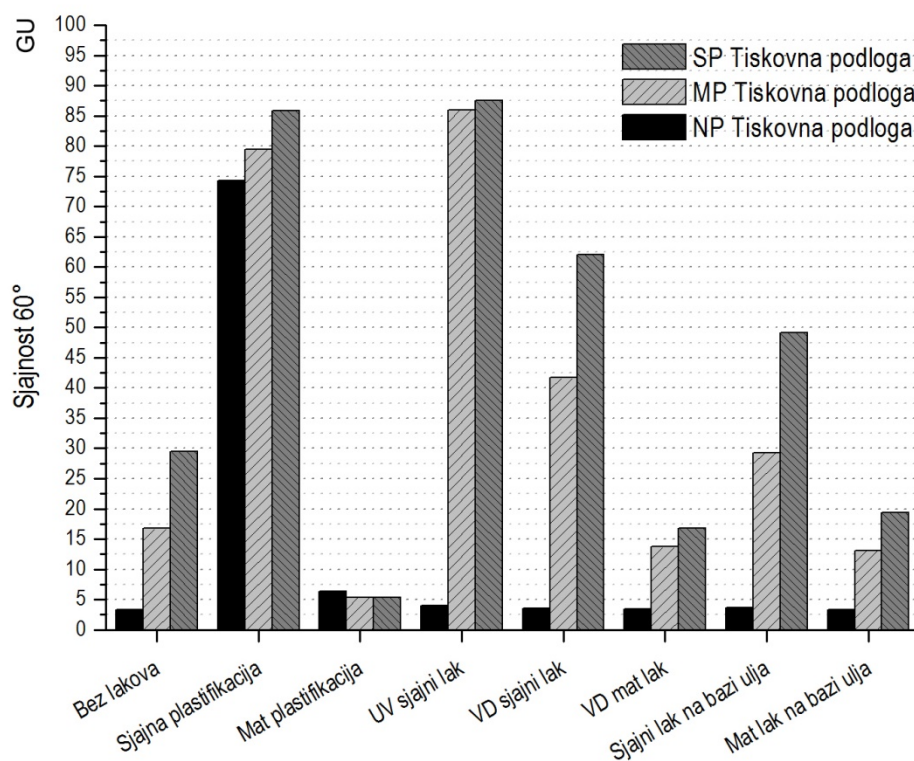
*Slika 3.31. Rezultati mjerenja sjajnosti nepremazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije*



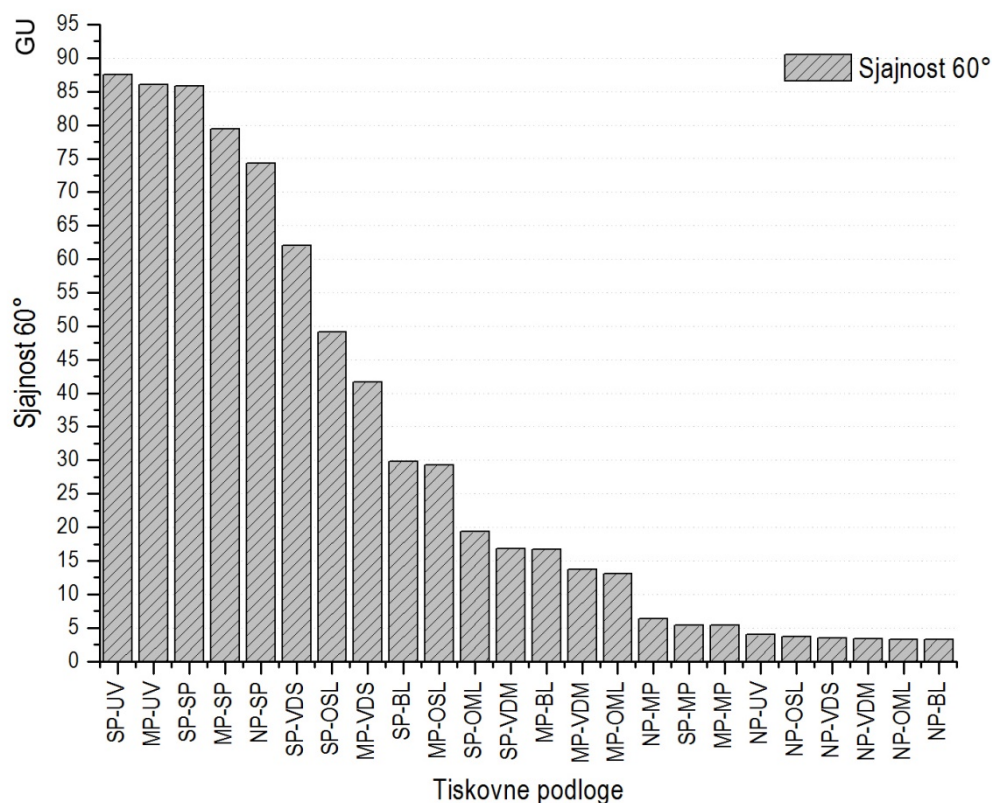
*Slika 3.32. Rezultati mjerenja sjajnosti mat premazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije*



**Slika 3.33.** Rezultati mjerenja sjajnosti sjajno premazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije



**Slika 3.34.** Sjajnost 60° s obzirom na različite vrste lakiranja i različite plastifikacije

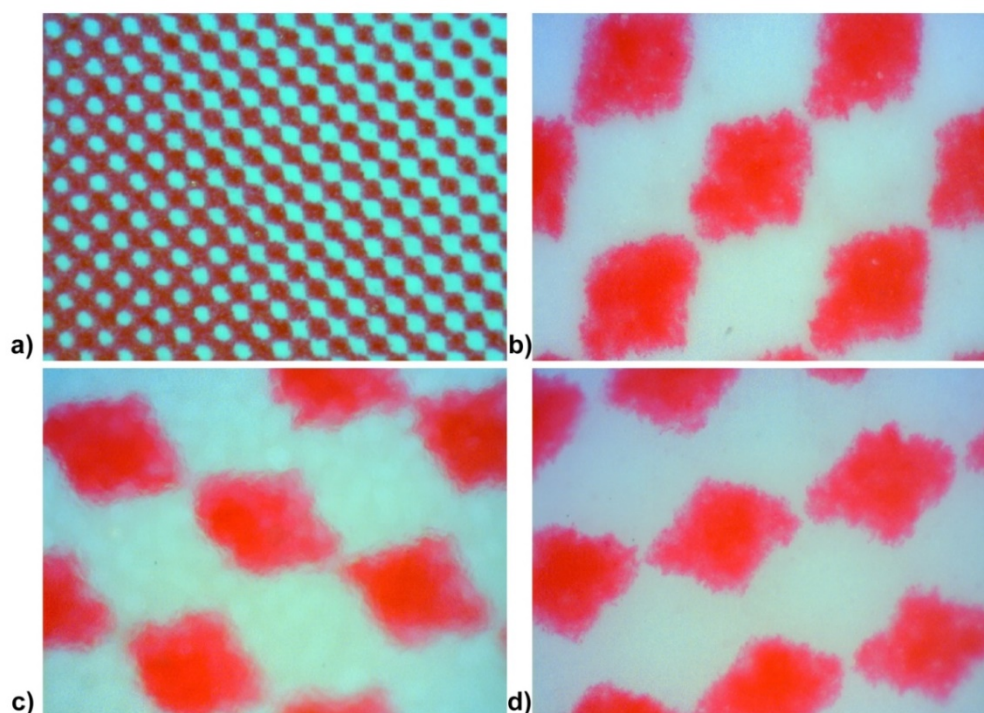


*Slika 3.35. Rezultati mjerenja sjajnost poredani od najveće prema najmanjoj vrijednosti mjereno s obzirom na kut od 60°*

#### 3.6.4. Mikroskopska analiza uzoraka

Mikroskopsko promatranje uzoraka izvršeno je pri povećanjima od 200x i 400x. Promatrani su uzorci mat premazne tiskovne podloge bez lakova te uzorci mat premazne tiskovne podloge s apliciranom mat plastifikacijom i nanesenim UV lakom. Na promatranim uzorcima pri navedenom povećanju nisu uočene razlike koje bi upućivale na raznovrsnost nanesenih lakova ili plastifikacije.

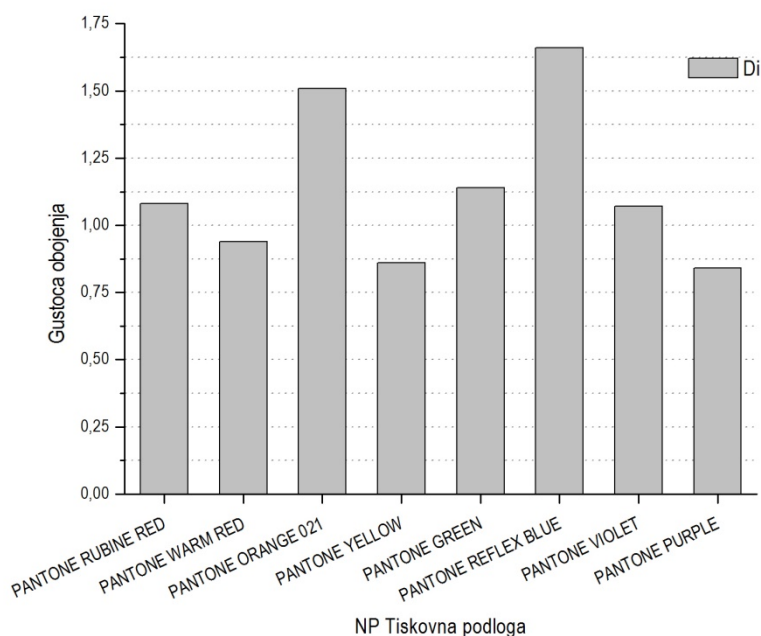




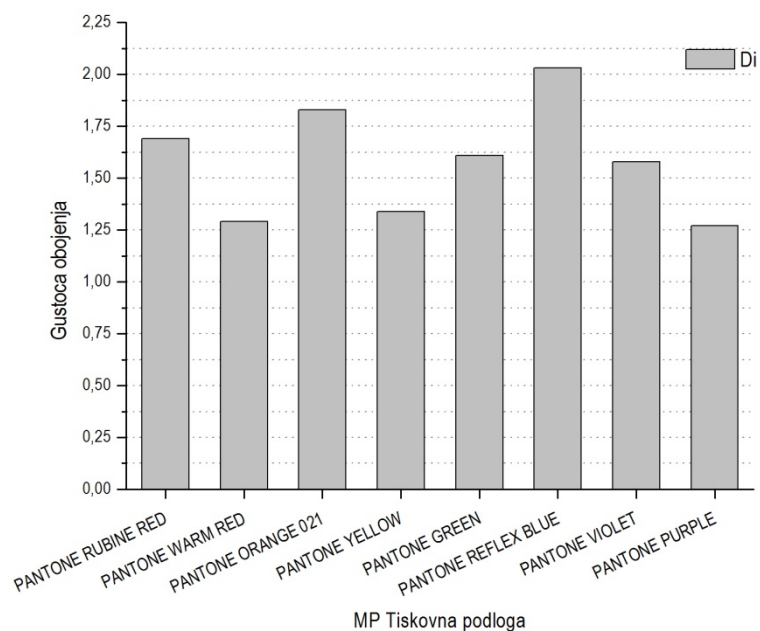
*Slika 3.36. PANTONE Rubine Red RTV 40 %, a) MP-BL 200x, b) MP-BL 400x, c) MP-MP 400x, d) MP-UV, 400x*

### 3.6.5. Denzitometrijska analiza uzoraka

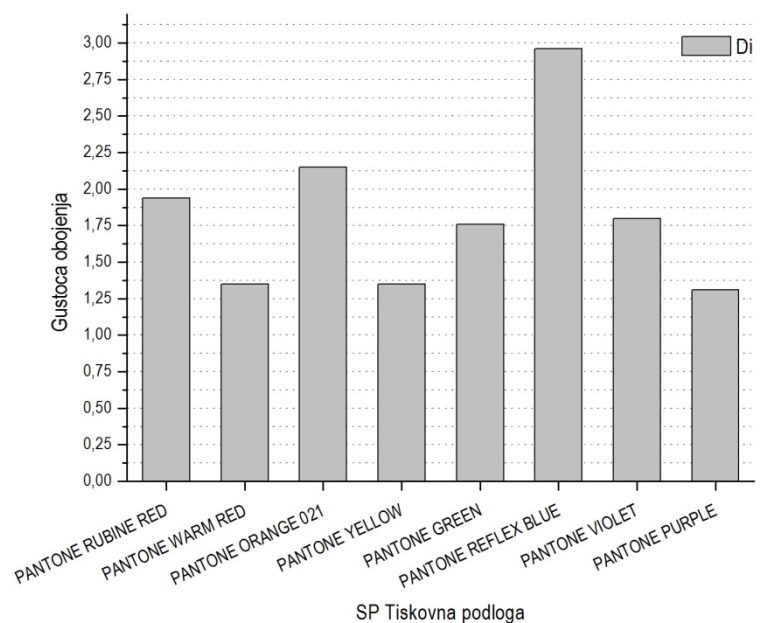
Denzitometrijskim mjerenjem otisnutih PMS boja na sjajno i mat premaznim te nepremaznim tiskovnim podlogama na polju 100 % RTV te pomoću optimalnog filtera, izmjerene su vrijednosti prikazane na slikama 3.37., 3.38. i 3.39.



*Slika 3.37. Gustoća obojenja PMS boja na NP tiskovnoj podlozi*



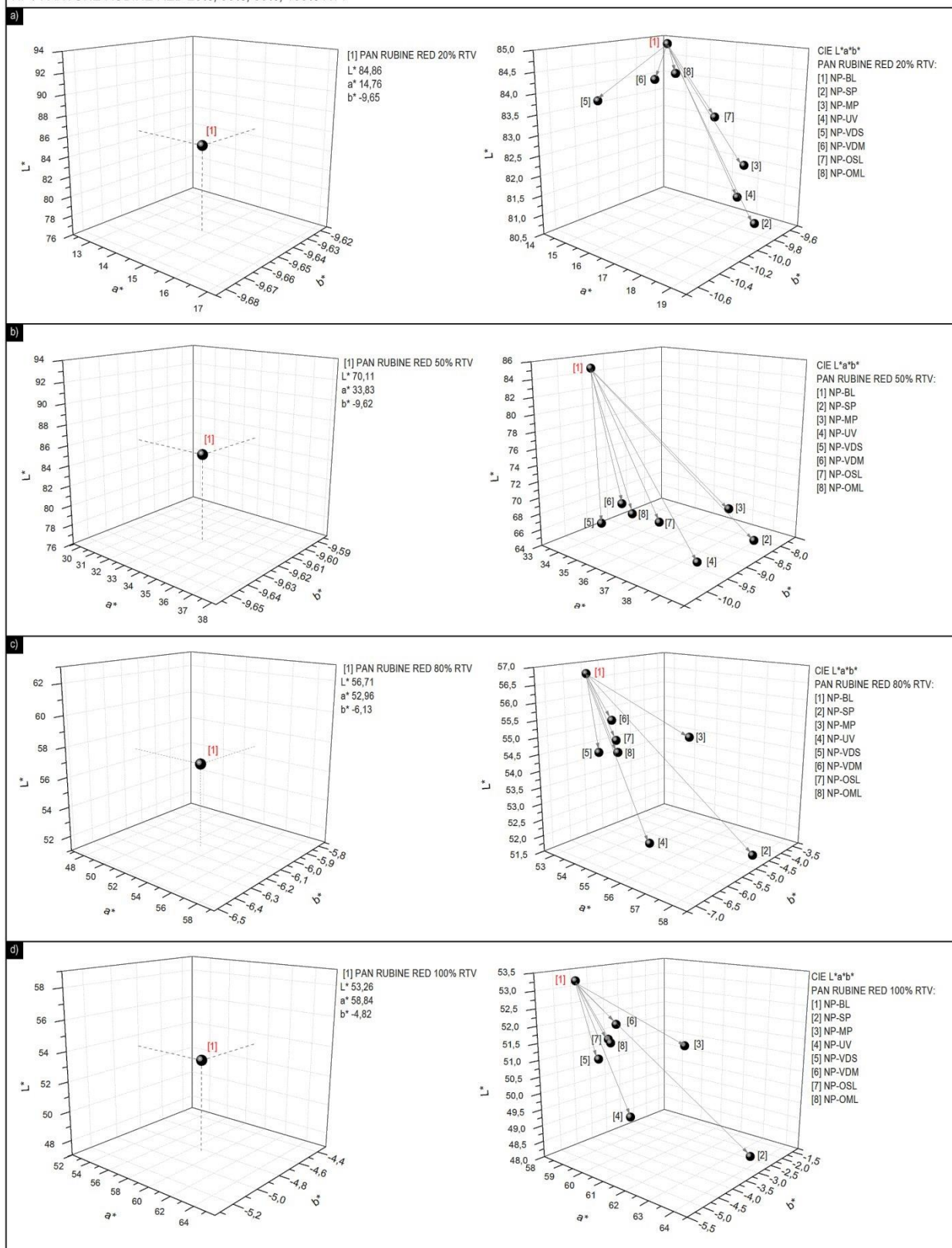
**Slika 3.38.** *Gustoća obojenja PMS boja na MP tiskovnoj podlozi*



**Slika 3.39.** *Gustoća obojenja PMS boja na SP tiskovnoj podlozi*

### 3.6.6. Spektrofotometrijska analiza uzoraka

Rezultati spektrofotometrijskog mjerenja uzoraka sa ciljem utvrđivanja CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PMS boja pri određenim RTV vrijednostima i uslijed utjecaja različitih vrsta lakiranja prikazani su u slikama i tablicama koje slijede.

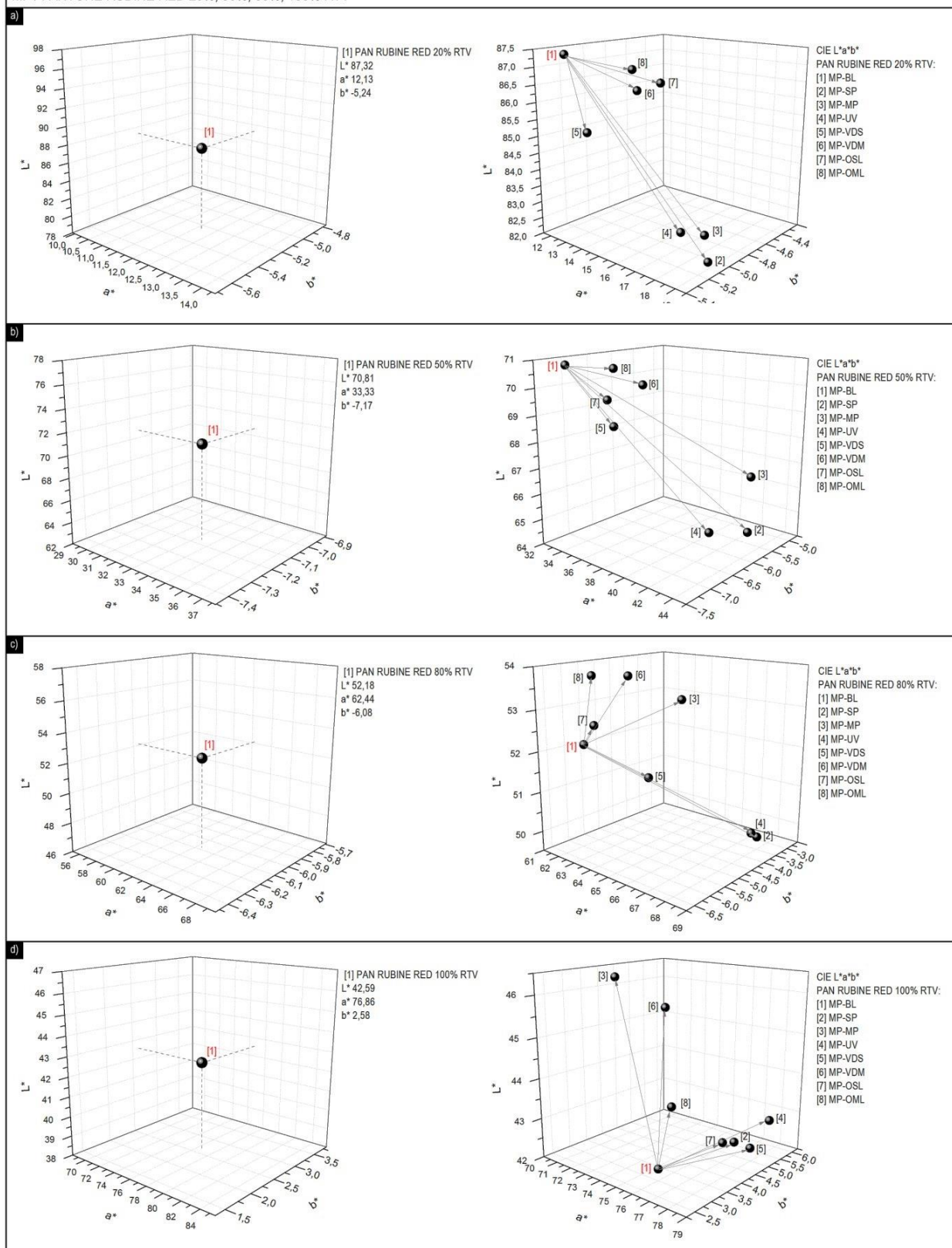


**Slika 3.40.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Rubine Red na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.32.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Rubine Red

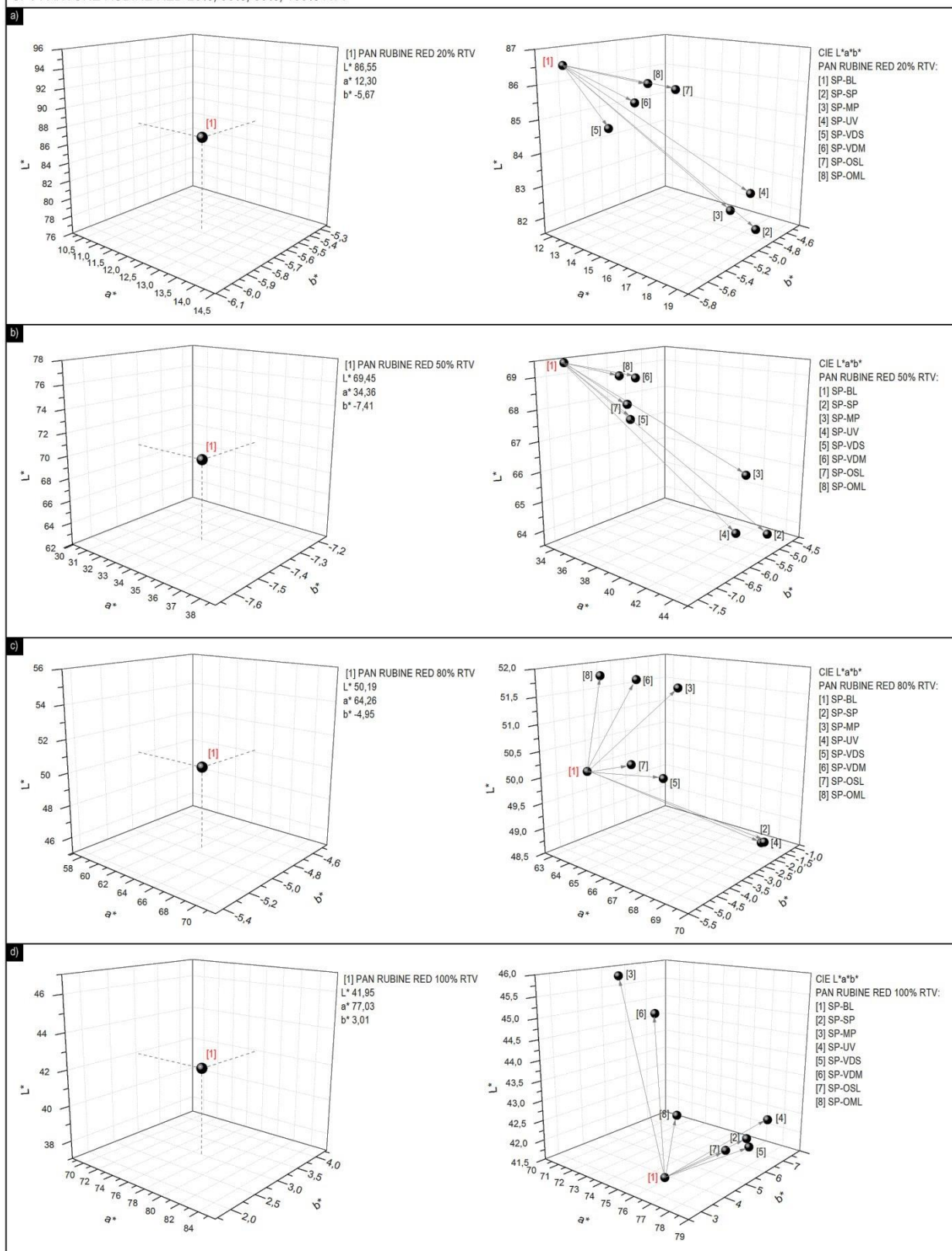
NP PANTONE Rubine Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,04	4,12	-0,18	3,65	5,67°	1,92	3,87
BL-MP	-2,77	3,38	-0,08	2,95	4,97°	1,65	2,95
BL-UV	-3,89	2,74	0,06	2,32	4,45°	1,46	3,24
BL-VDS	-0,91	1,05	-0,9	1,37	-0,54°	0,17	1,02
BL-VDM	0,75	0,71	-0,31	0,76	0,4°	0,13	0,71
BL-OSL	-1,82	1,81	0,05	1,52	3,09°	0,99	1,77
BL-OML	-0,7	0,7	-0,09	0,64	0,96°	0,3	0,68
50 % RTV							
BL-SP	-5,3	5,41	1,33	4,93	3,94°	2,59	4,83
BL-MP	-3,52	3,6	1,72	3,08	3,96°	2,53	3,33
BL-UV	-5,26	4,95	0,08	4,76	2,05°	1,34	4,62
BL-VDS	-1,76	1,81	-0,59	1,9	-0,11°	0,07	1,56
BL-VDM	-1,41	1,16	0,14	1,08	0,71°	0,45	1,2
BL-OSL	-2,64	2,86	0,24	2,7	1,53°	0,98	2,38
BL-OML	-1,95	1,9	0,05	1,82	0,88°	0,55	1,7
80 % RTV							
BL-SP	-5,09	5,08	1,48	4,91	2,02°	1,97	5,16
BL-MP	-2,37	1,2	2,53	0,97	2,8°	2,63	2,56
BL-UV	-4,17	3,51	-0,61	3,56	-0,2°	0,2	4,1
BL-VDS	-1,88	1,76	-0,79	1,84	-0,61°	0,57	1,86
BL-VDM	-1,34	0,76	0,23	0,73	0,33°	0,31	1,28
BL-OSL	-1,75	1,49	-0,13	1,5	0,04°	0,04	1,69
BL-OML	-1,93	2,04	-0,45	2,08	-0,22°	0,21	1,91
100 % RTV							
BL-SP	-5,1	5,24	2,2	5,1	2,35°	2,52	5,39
BL-MP	-2,55	1,02	3,2	0,84	3,15°	3,25	2,93
BL-UV	-3,75	2,35	0,26	2,32	0,42°	0,44	3,78
BL-VDS	-2,03	1,63	-0,2	1,64	-0,06°	0,06	2,05
BL-VDM	-1,46	0,44	1,11	0,36	1,11°	1,14	1,53
BL-OSL	-1,69	1,07	0,45	1,03	0,51°	0,53	1,7
BL-OML	-1,73	1,37	0,33	1,34	0,42°	0,44	1,75



**Slika 3.41.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Rubine Red na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.33. Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Rubine Red**

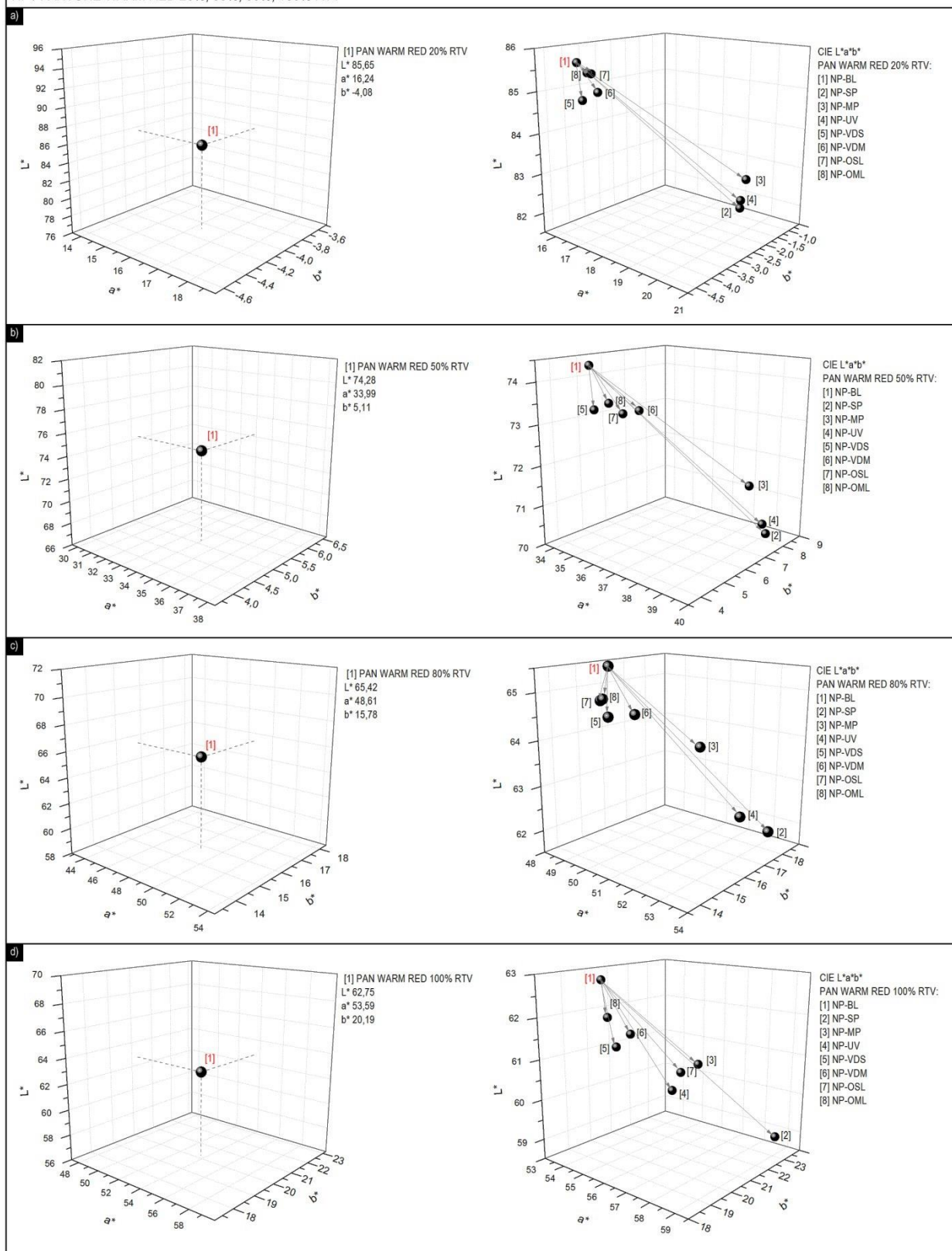
MP PANTONE Rubine Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-5,31	6,54	0,2	6,12	8,26°	2,3	5,85
BL-MP	-4,64	6,19	0,23	5,78	8,07°	2,23	5,42
BL-UV	-4,69	5,21	0,19	4,85	7,13°	1,92	4,93
BL-VDS	-2,06	1,55	-0,04	1,45	2,26°	0,55	1,81
BL-VDM	-1,28	0,99	0,49	0,74	3,46°	0,82	1,23
BL-OSL	-1,27	0,58	0,8	0,25	4,11°	0,96	1,13
BL-OML	-0,69	0,38	0,54	0,15	2,77°	0,64	0,68
50 % RTV							
BL-SP	-6,2	10	1,55	9,6	4,75°	3,2	6,3
BL-MP	-4,65	8,1	2,22	7,63	5,33°	3,51	5,02
BL-UV	-5,74	9,18	0,83	8,89	3,66°	2,44	5,76
BL-VDS	-2,11	3,14	0,27	3,02	1,43°	0,89	2,07
BL-VDM	-0,98	1,79	1,18	1,53	2,46°	1,5	1,29
BL-OSL	-1,25	2,15	0,36	2,04	1,28°	0,78	1,33
BL-OML	-0,26	1,06	0,72	0,9	1,52°	0,91	0,66
80 % RTV							
BL-SP	-2,29	5,72	2,46	5,52	2,52°	2,88	2,94
BL-MP	0,66	0,51	3,09	0,29	2,84°	3,12	1,5
BL-UV	-2,13	5,65	2,27	5,46	2,36°	2,69	2,78
BL-VDS	-0,61	2,83	0,47	2,78	0,65°	0,73	0,99
BL-VDM	1,37	-0,72	1,82	-0,87	1,61°	1,75	1,56
BL-OSL	0,58	1,09	-0,21	1,11	-0,09°	0,1	0,64
BL-OML	1,54	-0,41	0,49	-0,45	0,41°	0,45	1,52
100 % RTV							
BL-SP	0,06	0,95	1,9	1,04	1,37°	1,85	0,78
BL-MP	3,66	-5,94	1,56	-5,86	1,42°	1,83	3,77
BL-UV	0,13	0,89	3,32	1,07	2,42°	3,27	1,35
BL-VDS	-0,14	1,4	2,21	1,5	1,58°	2,14	0,93
BL-VDM	2,87	-4,2	2,36	-4,08	1,97°	2,57	3,03
BL-OSL	0,21	0,99	1,46	1,05	1,05°	1,42	0,65
BL-OML	1,1	-0,66	0,73	-0,63	0,56°	0,75	1,07



**Slika 3.42.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Rubine Red na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.34.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Rubine Red

SP PANTONE Rubine Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,84	6,33	0,87	5,69	10,3°	2,9	5,63
BL-MP	-4,04	5,88	0,64	5,32	9,28°	2,59	5,07
BL-UV	-4,28	4,91	1,17	4,24	10,1°	2,73	4,73
BL-VDS	-1,76	1,55	0,17	1,36	3,09°	0,77	1,69
BL-VDM	-1,27	1,2	0,51	0,91	3,83°	0,94	1,34
BL-OSL	-1,26	0,6	1,12	0,13	5,32°	1,26	1,27
BL-OML	-0,86	0,67	0,76	0,32	4,01°	0,96	0,98
50 % RTV							
BL-SP	-5,67	9,43	2,55	8,91	5,84°	4,01	5,99
BL-MP	-3,92	7,26	2,7	6,74	5,71°	3,82	4,5
BL-UV	-5,28	8,79	1,74	8,37	4,68°	3,2	5,5
BL-VDS	-1,77	2,82	0,8	2,61	2,09°	1,33	1,87
BL-VDM	-0,65	1,46	1,36	1,18	2,58°	1,61	1,13
BL-OSL	-1,39	1,99	0,97	1,77	2,12°	1,33	1,49
BL-OML	-0,52	2,29	0,98	2,06	2,22°	1,4	1,18
80 % RTV							
BL-SP	-1,62	4,57	3,47	4,4	3,17°	3,69	2,5
BL-MP	1,16	-0,48	3,82	-0,66	3,39°	3,79	2,02
BL-UV	-1,56	4,8	3,38	4,63	3,1°	3,61	2,47
BL-VDS	-0,2	1,92	1,43	1,82	1,36°	1,55	0,83
BL-VDM	1,42	-1,01	2,44	-1,15	2,13°	2,38	1,78
BL-OSL	0,13	1,31	0,69	1,26	0,69°	0,78	0,48
BL-OML	1,6	-0,97	1,09	-1,04	0,91°	1,02	1,68
100 % RTV							
BL-SP	0,25	0,9	2,97	1,07	2,15°	2,91	1,22
BL-MP	3,86	-6,1	2,15	-5,97	1,92°	2,49	3,98
BL-UV	0,42	0,76	4,22	1,04	3,07°	4,16	1,75
BL-VDS	0,09	1,12	2,9	1,28	2,09°	2,83	1,18
BL-VDM	2,95	-4,49	2,69	-4,33	2,26°	2,95	3,15
BL-OSL	0,17	0,74	2,07	0,85	1,5°	2,03	0,85
BL-OML	0,98	-1,1	1,28	-1,04	1°	1,33	1,07

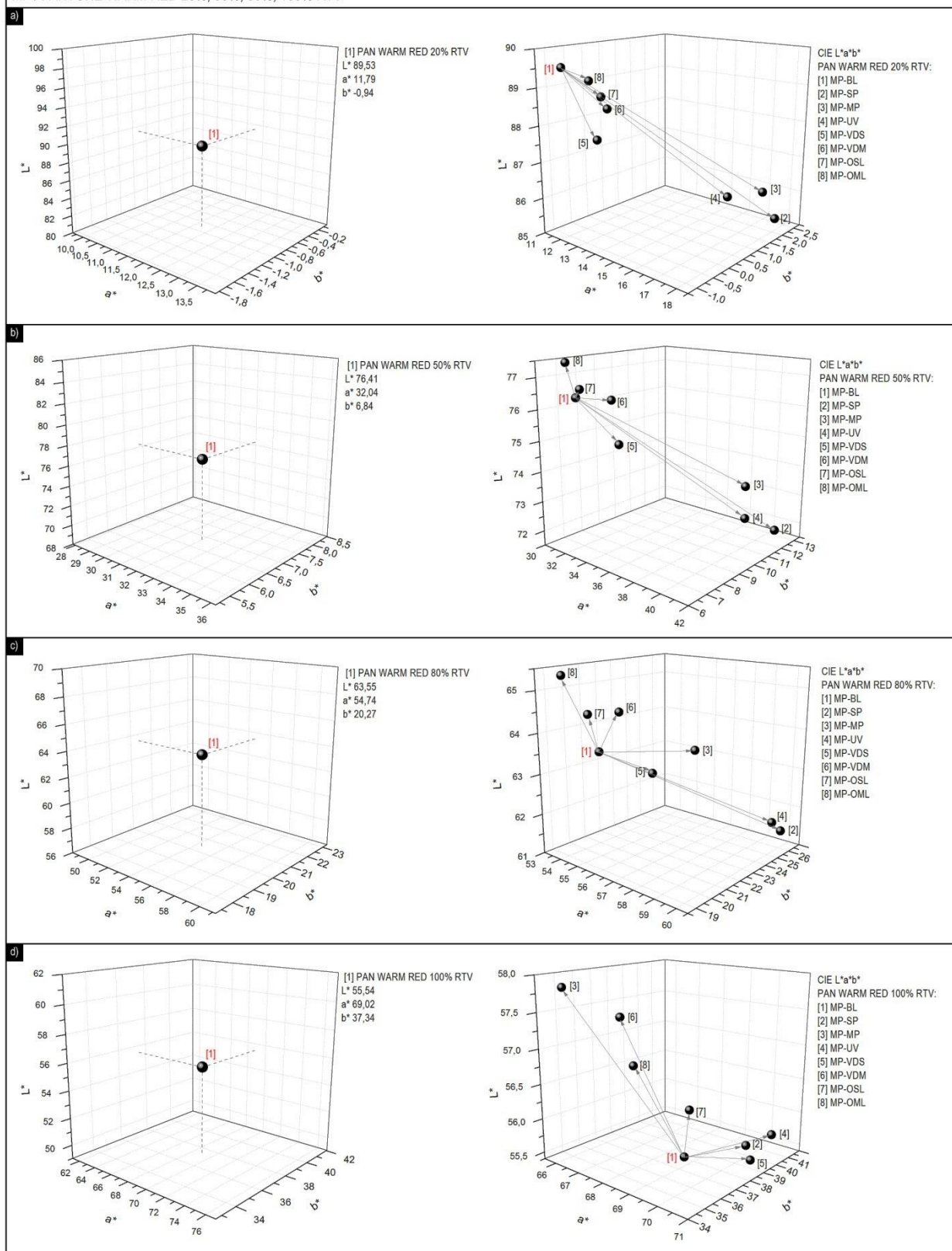


**Slika 3.43.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Warm Red na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.35. Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Warm Red**

NP PANTONE Warm Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,47	3,77	2,16	3,36	8,62°	2,76	3,71
BL-MP	-2,69	3,98	2,12	3,57	8,57°	2,75	3,48
BL-UV	-3,71	3,02	3,06	2,54	11,07°	3,47	3,82
BL-VDS	-0,74	0,74	-0,37	0,81	-0,58°	0,17	0,72
BL-VDM	-0,65	0,64	0,14	0,59	0,96°	0,29	0,62
BL-OSL	-0,34	-0,16	0,52	-0,28	1,62°	0,47	0,42
BL-OML	-0,27	0,00	0,29	-0,07	0,97°	0,28	0,26
50 % RTV							
BL-SP	-4,14	5,19	3,02	5,64	3,17°	2,05	3,97
BL-MP	-2,96	4,51	2,9	4,95	3,2°	2,06	3,16
BL-UV	-4,1	4,7	3,48	5,26	3,97°	2,56	3,99
BL-VDS	-0,85	1,3	-0,85	1,17	-1,67°	1,02	1
BL-VDM	-0,91	2,2	0,14	2,2	-0,3°	0,18	1,09
BL-OSL	-1,07	1,38	0,19	1,39	-0,03°	0,02	0,96
BL-OML	-0,76	1,35	-0,33	1,29	-0,85°	0,52	0,82
80 % RTV							
BL-SP	-3,61	4,61	2,54	5,18	1,01°	0,95	3,42
BL-MP	-1,8	2,33	1,78	2,77	1,04°	0,95	1,79
BL-UV	-3,18	4,05	1,74	4,39	0,42°	0,39	2,96
BL-VDS	-0,78	1,79	-1,62	1,24	-2,29°	2,07	1,38
BL-VDM	-0,82	1,9	-0,7	1,61	-1,36°	1,23	1,08
BL-OSL	-0,52	1,23	-1,41	0,76	-1,9°	1,71	1,08
BL-OML	-0,44	1,6	-1,64	1,06	-2,26°	2,03	1,24
100 % RTV							
BL-SP	-3,8	5,36	3,02	6,09	0,85°	0,89	3,72
BL-MP	-2,05	2,84	1,81	3,3	0,66°	0,67	2,01
BL-UV	-2,56	2,64	0,7	2,72	-0,26°	0,27	2,33
BL-VDS	-1,18	2,46	-1,59	1,79	-2,29°	2,32	1,69
BL-VDM	-1,01	2,28	-0,83	1,86	-1,53°	1,56	1,31
BL-OSL	-1,9	3,52	0,15	3,36	-1,04°	1,07	1,96
BL-OML	-0,61	1,84	-1,37	1,27	-1,89°	1,91	1,22

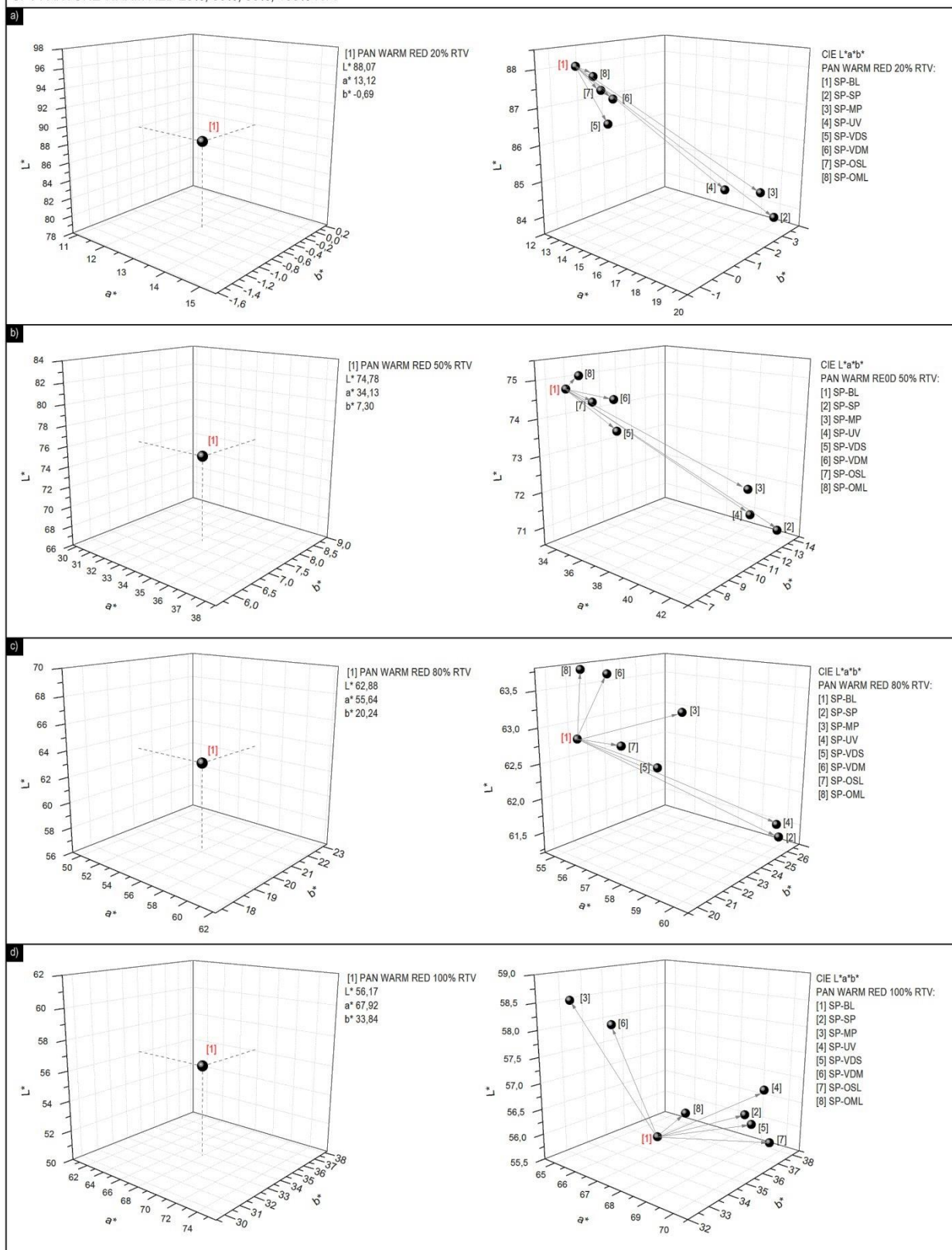


**Slika 3.44.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Warm Red na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.36.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Warm Red

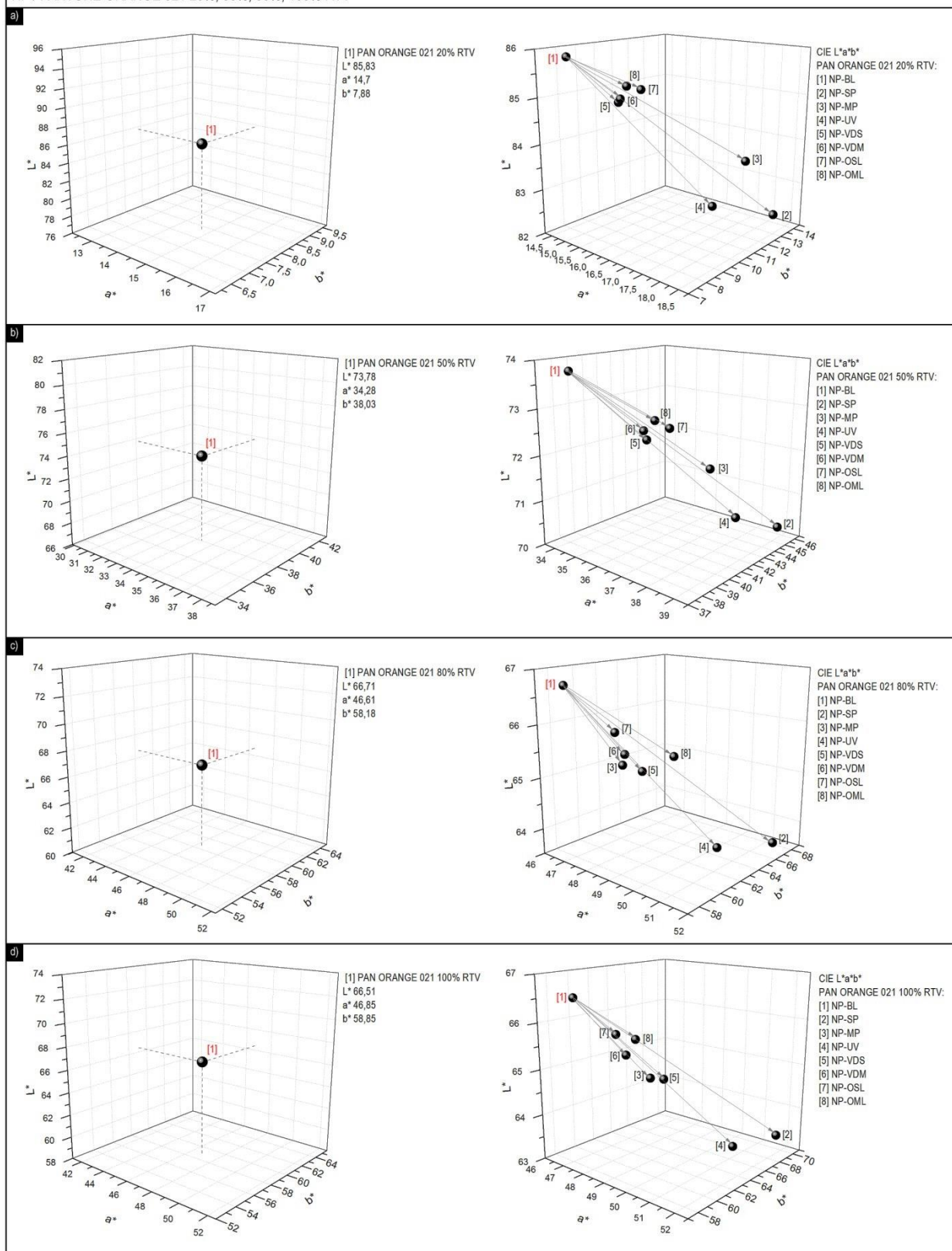
MP PANTONE Warm Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,3	6	3,25	6,11	-348°	3,03	5,63
BL-MP	-3,53	5,54	3,09	5,64	-348°	2,91	5,13
BL-UV	-3,77	4,22	2,75	4,28	-348°	2,65	4,45
BL-VDS	-1,84	1,2	0,34	1,18	1,91°	0,41	1,54
BL-VDM	-1,17	0,77	0,86	0,73	4,19°	0,89	1,16
BL-OSL	-0,96	-0,04	1,09	-0,08	-354°	1,09	1,01
BL-OML	-0,46	-0,02	0,74	-0,06	3,58°	0,74	0,62
50 % RTV							
BL-SP	-4,65	8,7	5,91	9,93	5,33°	3,48	5,48
BL-MP	-3,22	6,73	5,48	7,92	5,58°	3,55	4,42
BL-UV	-4,14	7,38	4,88	8,36	4,51°	2,89	4,74
BL-VDS	-1,44	2,08	0,96	2,24	0,83°	0,49	1,41
BL-VDM	-0,2	0,67	1,47	0,99	2,2°	1,28	0,92
BL-OSL	0,21	-0,25	0,34	-0,17	0,68°	0,39	0,3
BL-OML	1,04	-0,73	-0,06	-0,73	0,17°	0,09	0,8
80 % RTV							
BL-SP	-2,15	5,2	6,02	7,08	3,36°	3,63	3,26
BL-MP	-0,19	1,95	4,08	3,33	2,93°	3,06	1,9
BL-UV	-1,94	4,89	5,79	6,7	3,29°	3,54	3,08
BL-VDS	-0,49	1,71	1,38	2,09	0,66°	0,69	0,8
BL-VDM	0,81	-0,22	1,54	0,35	1,48°	1,52	1,08
BL-OSL	0,9	-0,25	-0,34	-0,35	-0,23°	0,23	0,77
BL-OML	1,77	-1,21	-0,82	-1,42	0,35°	0,35	1,53
100 % RTV							
BL-SP	0,09	1,13	2,18	2,04	0,98°	1,36	0,82
BL-MP	2,29	-3	-2,59	-3,87	-0,65°	0,87	2,33
BL-UV	0,11	1,32	3,82	3,02	1,92°	2,68	1,51
BL-VDS	-0,07	1,4	1,96	2,17	0,75°	1,04	0,71
BL-VDM	1,88	-1,9	-0,91	-2,1	0,08°	0,11	1,8
BL-OSL	0,8	0,53	-0,66	0,16	-0,61°	0,83	0,86
BL-OML	1,4	-0,57	-2,16	-1,51	-1,21°	1,64	1,58



**Slika 3.45.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Warm Red na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.37. Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Warm Red**

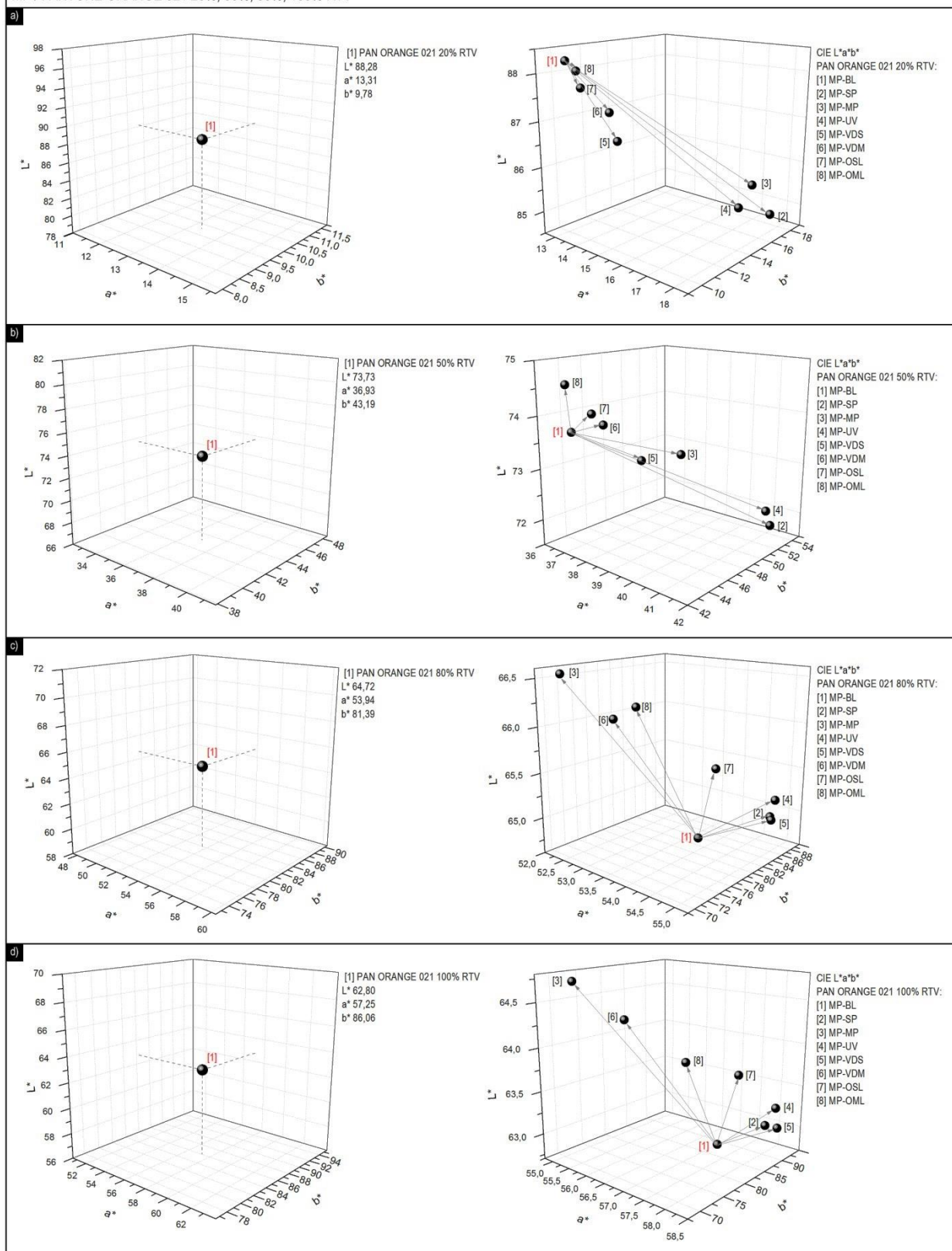
SP PANTONE Warm Red	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,23	6,18	3,98	6,44	-347,3°	3,54	5,71
BL-MP	-3,5	5,69	3,69	5,91	-347,9°	3,33	5,18
BL-UV	-3,51	4,28	3,21	4,44	-348,7°	2,98	4,4
BL-VDS	-1,49	1,04	0,5	1,02	2,24°	0,53	1,3
BL-VDM	-0,92	0,68	0,97	0,66	-355,8°	0,98	1,06
BL-OSL	-0,8	-0,38	1,18	-0,39	-354,7°	1,18	1,04
BL-OML	-0,38	-0,33	0,85	-0,35	-356,2°	0,84	0,71
50 % RTV							
BL-SP	-4,11	7,86	6,62	9,34	6,27°	4,3	5,27
BL-MP	-2,96	6,34	5,98	7,69	6,09°	4,1	4,38
BL-UV	-3,58	6,84	5,59	8,05	5,39°	3,64	4,56
BL-VDS	-1,13	1,77	1,46	2,05	1,64°	1,03	1,31
BL-VDM	-0,38	0,98	1,93	1,4	2,66°	1,65	1,2
BL-OSL	-0,44	0,22	1,26	0,5	1,92°	1,18	0,83
BL-OML	0,26	-0,31	0,92	-0,1	1,59°	0,97	0,64
80 % RTV							
BL-SP	-1,53	4,42	5,96	6,32	3,58°	3,89	2,97
BL-MP	0,23	1,44	4,1	2,85	3,1°	3,28	1,95
BL-UV	-1,35	4,31	5,97	6,22	3,63°	3,94	2,91
BL-VDS	-0,43	1,68	2,23	2,36	1,42°	1,49	1,09
BL-VDM	0,79	-0,22	1,9	0,47	1,79°	1,85	1,21
BL-OSL	-0,14	0,71	1,46	1,18	1,07°	1,12	0,69
BL-OML	0,88	-0,42	0,74	-0,14	0,81°	0,84	0,87
100 % RTV							
BL-SP	0,16	1,36	2,99	2,58	1,51°	2,04	1,19
BL-MP	2,38	-2,61	-1,13	-2,84	0,12°	0,16	2,27
BL-UV	0,5	1,38	4,18	3,16	2,27°	3,06	1,77
BL-VDS	-0,01	1,58	3,06	2,81	1,48°	2	1,19
BL-VDM	1,92	-1,79	-0,12	-1,65	0,53°	0,7	1,84
BL-OSL	-0,48	1,86	3,85	3,42	1,89°	2,56	1,57
BL-OML	0,31	0,23	1,17	0,73	0,71°	0,94	0,58



**Slika 3.46.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Orange 021 na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.38.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Orange 021

NP PANTONE Orange 021	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,56	3,56	5,79	6,13	8,63°	2,93	4,66
BL-MP	-2,32	2,97	5,06	5,22	8,02°	2,67	3,84
BL-UV	-3,42	2,29	4,38	4,27	7,62°	2,48	3,79
BL-VDS	-0,9	1,03	1,04	1,4	1,36°	0,41	1,08
BL-VDM	-0,81	1,13	0,97	1,46	1,01°	0,31	1,07
BL-OSL	-0,83	0,64	2,99	2,12	7,13°	2,2	2,15
BL-OML	-0,65	0,81	1,87	1,64	3,96°	1,21	1,38
50 % RTV							
BL-SP	-3,54	4,68	7,59	8,79	1,53°	1,48	3,79
BL-MP	-2,04	3,35	4,35	5,48	0,43°	0,4	2,23
BL-UV	-3,42	3,4	6,64	7,24	1,88°	1,8	3,52
BL-VDS	-1,35	2,07	1,91	2,81	-0,27°	0,25	1,32
BL-VDM	-1,13	2,14	1,58	2,61	-0,57°	0,52	1,19
BL-OSL	-1,12	1,5	3,5	3,62	1,28°	1,19	1,56
BL-OML	-1,19	2,28	3,23	3,93	0,49°	0,45	1,49
80 % RTV							
BL-SP	-3,16	4,7	9,67	10,52	1,6°	2,23	3,68
BL-MP	-1,22	2,4	0,15	1,64	-1,34°	1,76	1,47
BL-UV	-3,13	3,59	6,36	7,22	0,82°	1,12	3,09
BL-VDS	-1,38	2,62	1,33	2,69	-0,9°	1,19	1,45
BL-VDM	-1	2,58	-0,04	1,61	-1,53°	2,02	1,46
BL-OSL	-0,79	1,49	1,36	1,99	-0,23°	0,31	0,8
BL-OML	-1,19	3,02	3,29	4,46	-0,22°	0,29	1,4
100 % RTV							
BL-SP	-3,14	5,01	11,09	11,84	1,99°	2,8	3,96
BL-MP	-1,4	3,06	1,16	2,83	-1,23°	1,63	1,61
BL-UV	-3,3	4,07	8,12	8,9	1,29°	1,79	3,49
BL-VDS	-1,51	3,06	2,55	3,91	-0,58°	0,78	1,57
BL-VDM	-0,92	2,56	-0,04	1,59	-1,51°	2	1,42
BL-OSL	-0,72	1,29	1,73	2,16	0,05°	0,07	0,76
BL-OML	-0,81	1,84	2,51	3,11	0,1°	0,13	0,96

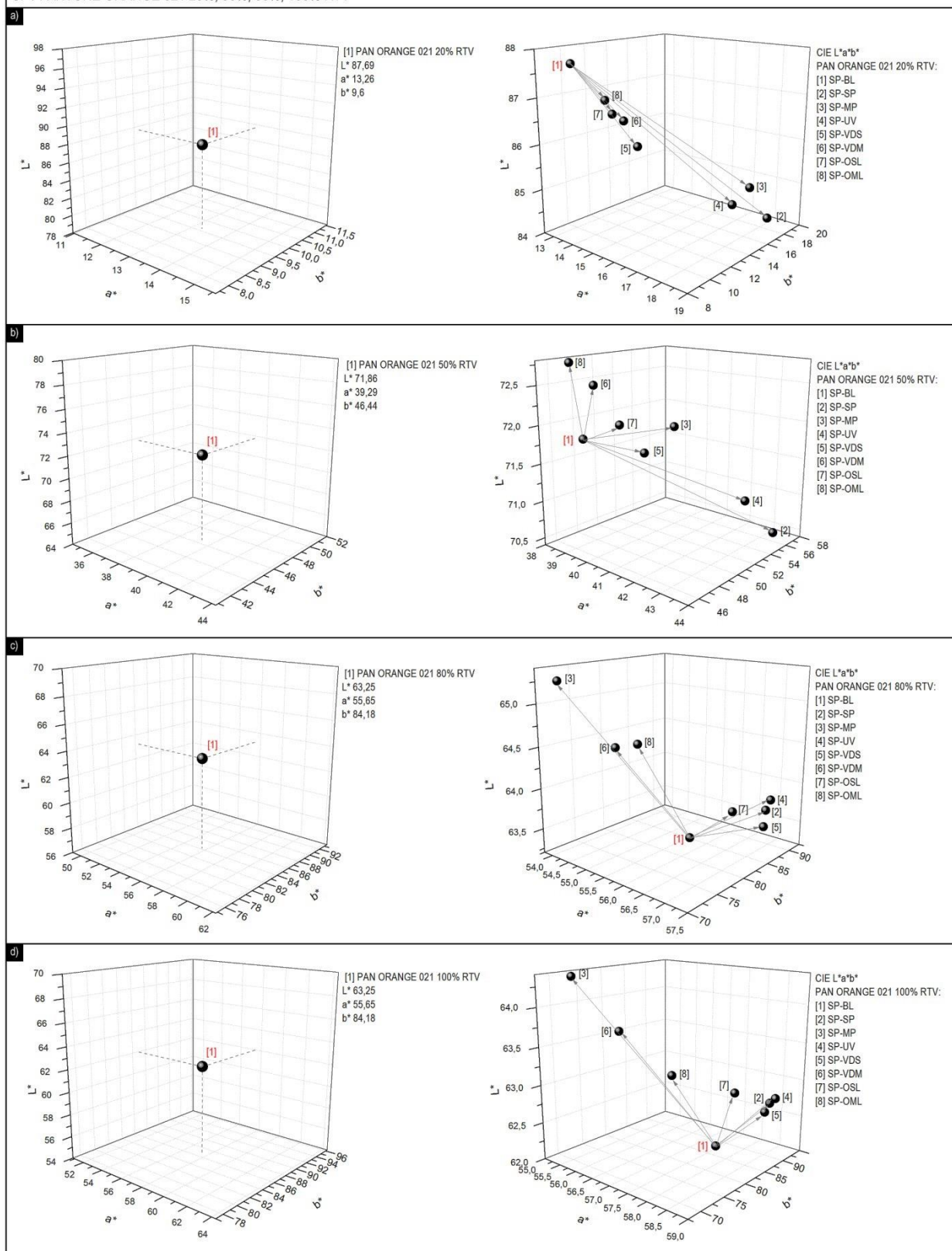


**Slika 3.47.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Orange 021 na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.39.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Orange 021

MP PANTONE Orange 021	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,53	4,41	8,15	8,69	9,03°	3,21	5,69
BL-MP	-2,83	3,92	7,46	7,86	8,71°	3,05	5,14
BL-UV	-3,37	3,61	6,97	7,29	8,4°	2,91	5,02
BL-VDS	-1,66	1,19	1,6	1,92	1,82°	0,55	1,61
BL-VDM	-1,09	0,82	1,66	1,66	2,69°	0,81	1,35
BL-OSL	-0,65	-0,3	1,4	0,64	4,37°	1,28	1,22
BL-OML	-0,26	-0,17	0,93	0,44	2,87°	0,84	0,77
50 % RTV							
BL-SP	-2,03	4,26	10,62	10,94	3,1°	3,36	3,87
BL-MP	-0,49	2,27	5,53	5,71	1,71°	1,78	1,95
BL-UV	-1,79	3,99	10,91	11,01	3,43°	3,72	3,94
BL-VDS	-0,61	1,3	3,78	3,74	1,39°	1,42	1,44
BL-VDM	0,11	0,63	1,63	1,65	0,57°	0,57	0,59
BL-OSL	0,24	-0,08	2	1,48	1,34°	1,34	0,97
BL-OML	0,82	-0,43	0,4	0,03	0,59°	0,59	0,71
80 % RTV							
BL-SP	0,21	0,88	6,33	5,8	1,53°	2,69	1,75
BL-MP	1,82	-1,69	-10,32	-9,43	-2,79°	4,52	3,36
BL-UV	0,4	0,93	6,77	6,2	1,64°	2,88	1,89
BL-VDS	0,17	0,9	6,39	5,86	1,54°	2,7	1,76
BL-VDM	1,36	-1	-6,92	-6,27	-1,87°	3,09	2,31
BL-OSL	0,7	-0,09	4,03	3,34	1,31°	2,26	1,44
BL-OML	1,44	-0,98	-3,5	-3,45	-0,68°	1,14	1,47
100 % RTV							
BL-SP	0,22	0,7	5,19	4,73	1,21°	2,24	1,41
BL-MP	1,92	-2,02	-14,84	-13,2	-4,16°	7,01	4,69
BL-UV	0,45	0,9	5,6	5,19	1,24°	2,3	1,51
BL-VDS	0,19	0,9	6,32	5,8	1,44°	2,68	1,68
BL-VDM	1,52	-1,2	-10,75	-9,48	-3,03°	5,2	3,45
BL-OSL	0,78	0,09	4,29	3,65	1,23°	2,26	1,46
BL-OML	0,98	-0,57	-2,64	-2,51	-0,56°	1	1,07

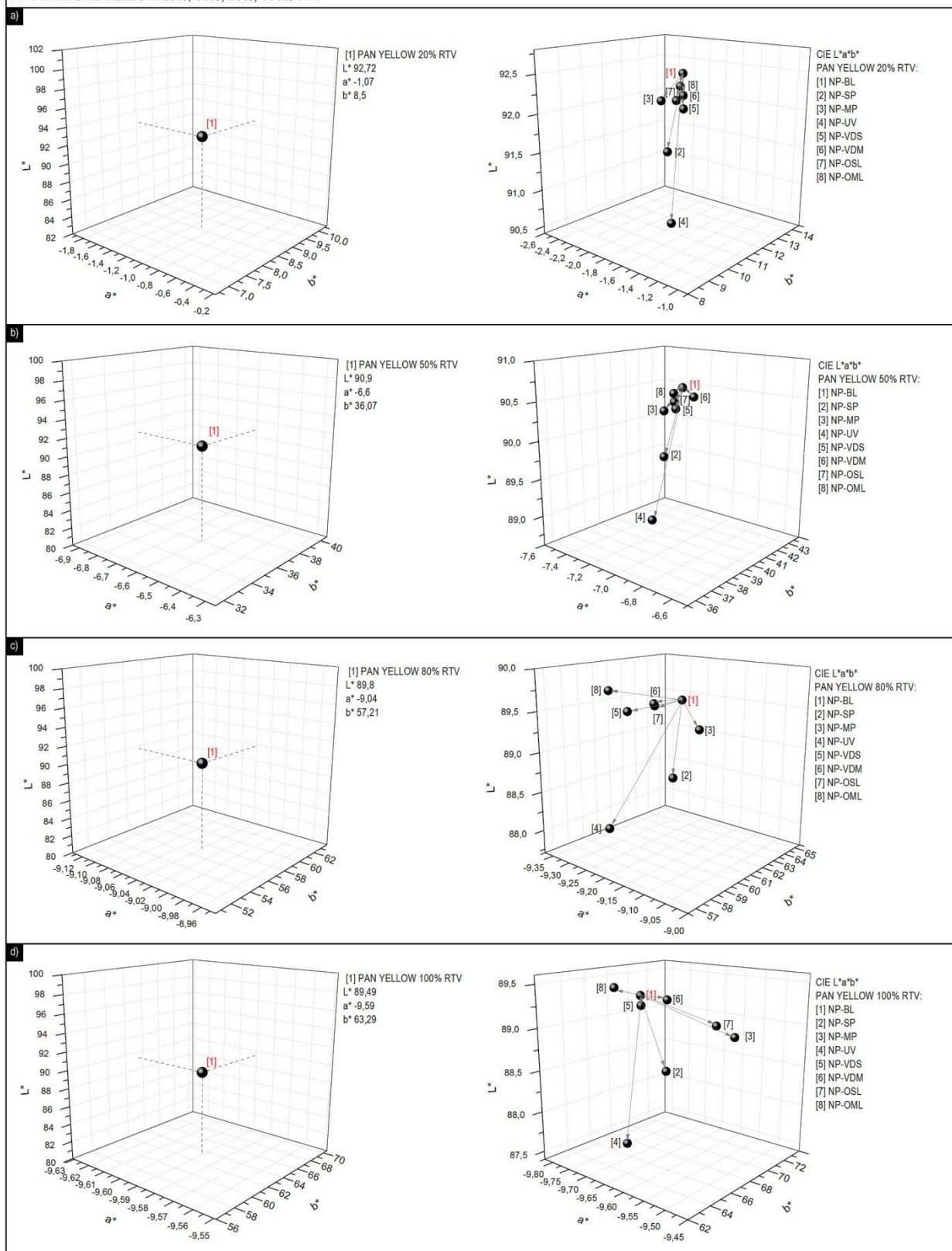


**Slika 3.48.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Orange 021 na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.40.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Orange 021

SP PANTONE Orange 021	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,51	4,89	8,87	9,52	9,6°	3,44	6,1
BL-MP	-2,78	4,38	8,05	8,58	9,11°	3,21	5,49
BL-UV	-3,19	3,9	7,37	7,76	8,78°	3,04	5,21
BL-VDS	-1,74	1,74	2,46	2,88	2,9°	0,9	2,13
BL-VDM	-1,2	1,31	2,09	2,31	2,84°	0,87	1,69
BL-OSL	-1,14	0,58	2,38	1,93	4,98°	1,5	1,79
BL-OML	-0,82	0,49	1,93	1,57	4,08°	1,22	1,43
50 % RTV							
BL-SP	-1,42	3,96	10,49	10,66	3,01°	3,46	3,58
BL-MP	0,11	1,77	4,81	4,84	1,53°	1,69	1,64
BL-UV	-0,99	3,11	9,42	9,3	3,03°	3,46	3,25
BL-VDS	-0,23	1,07	3,43	3,32	1,25°	1,36	1,23
BL-VDM	0,64	0	1,05	0,81	0,63°	0,67	0,68
BL-OSL	0,1	0,25	2,87	2,37	1,51°	1,63	1,2
BL-OML	0,9	-0,78	0,48	-0,13	0,85°	0,91	0,89
80 % RTV							
BL-SP	0,37	1,22	6,09	5,78	1,26°	2,28	1,57
BL-MP	2,01	-1,58	-12,58	-11,1	-3,59°	5,96	4,13
BL-UV	0,53	1,36	5,81	5,62	1,11°	2,01	1,49
BL-VDS	0,14	1,17	6,25	5,89	1,33°	2,4	1,6
BL-VDM	1,26	-0,71	-8,73	-7,58	-2,59°	4,39	2,89
BL-OSL	0,29	0,53	4,79	4,31	1,2°	2,15	1,36
BL-OML	1,22	-0,76	-4,67	-4,3	-1,15°	1,98	1,65
100 % RTV							
BL-SP	0,62	0,91	4,96	4,65	1,05°	1,94	1,37
BL-MP	2,31	-2,1	-15,3	-13,6	-4,26°	7,21	4,93
BL-UV	0,72	1,09	4,47	4,34	0,83°	1,53	1,24
BL-VDS	0,45	0,72	5,78	5,24	1,36°	2,54	1,6
BL-VDM	1,64	-1,32	-11,48	-10,1	-3,21°	5,53	3,68
BL-OSL	0,68	0,08	3,91	3,32	1,12°	2,06	1,32
BL-OML	0,97	-0,84	-3,76	-3,59	-0,79°	1,41	1,27

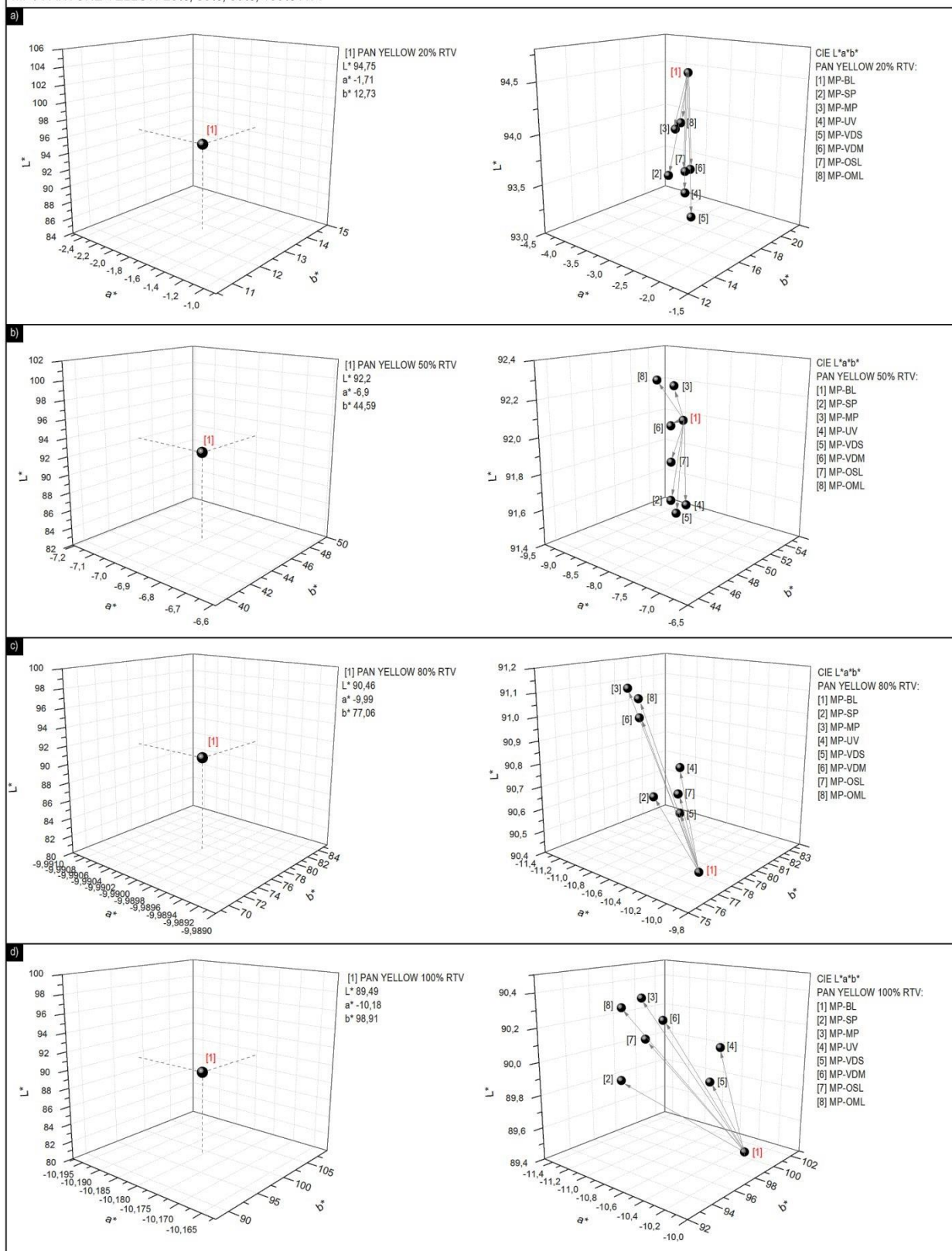


**Slika 3.49.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Yellow na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.41.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Yellow

NP PANTONE Yellow	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-1,66	-1,37	5,45	5,59	2,75°	0,53	3,99
BL-MP	-0,8	-1,27	4,63	4,77	2,93°	0,55	3,4
BL-UV	-2,31	-0,78	3,06	3,14	1,92°	0,34	2,67
BL-VDS	-0,49	-0,24	1,17	1,19	0,54°	0,09	0,92
BL-VDM	-0,34	-0,25	1,2	1,22	0,57°	0,09	0,91
BL-OSL	-0,6	-0,73	3,08	3,15	1,66°	0,29	2,28
BL-OML	-0,3	-0,43	1,89	1,93	1,04°	0,17	1,41
50 % RTV							
BL-SP	-1,53	-0,91	7,08	7,13	-0,5°	0,35	2,72
BL-MP	-0,69	-0,72	5,39	5,43	-0,36°	0,24	2,01
BL-UV	-2,16	-0,67	4,06	4,11	-0,1°	0,07	2,02
BL-VDS	-0,32	-0,17	1,2	1,21	-0,07°	0,05	0,5
BL-VDM	-0,16	-0,06	1,24	1,23	-0,25°	0,16	0,48
BL-OSL	-0,44	-0,48	3,95	3,97	-0,34°	0,23	1,48
BL-OML	-0,16	-0,2	1,34	1,35	-0,07°	0,04	0,52
80 % RTV							
BL-SP	-1,59	-0,28	7,43	7,39	-0,77°	0,83	2,26
BL-MP	-0,64	-0,13	5,16	5,12	-0,62°	0,65	1,49
BL-UV	-2,05	-0,3	2,89	2,9	-0,15°	0,15	1,52
BL-VDS	-0,31	-0,18	1,42	1,43	-0,04°	0,04	0,44
BL-VDM	-0,13	-0,09	0,78	0,78	-0,03°	0,03	0,23
BL-OSL	-0,34	-0,2	3,77	3,76	-0,36°	0,38	1,07
BL-OML	-0,1	-0,23	1,43	1,45	0°	0	0,4
100 % RTV							
BL-SP	-1,39	-0,2	9,55	9,48	-0,96°	1,15	2,57
BL-MP	-0,53	0,08	5,43	5,36	-0,74°	0,86	1,47
BL-UV	-1,97	-0,13	3	2,99	-0,27°	0,31	1,47
BL-VDS	-0,25	-0,1	3,44	3,42	-0,35°	0,41	0,91
BL-VDM	-0,14	-0,03	3,35	3,32	-0,4°	0,46	0,89
BL-OSL	-0,41	0,05	4,87	4,81	-0,65°	0,75	1,31
BL-OML	0,01	-0,09	0,84	0,84	-0,03°	0,04	0,22

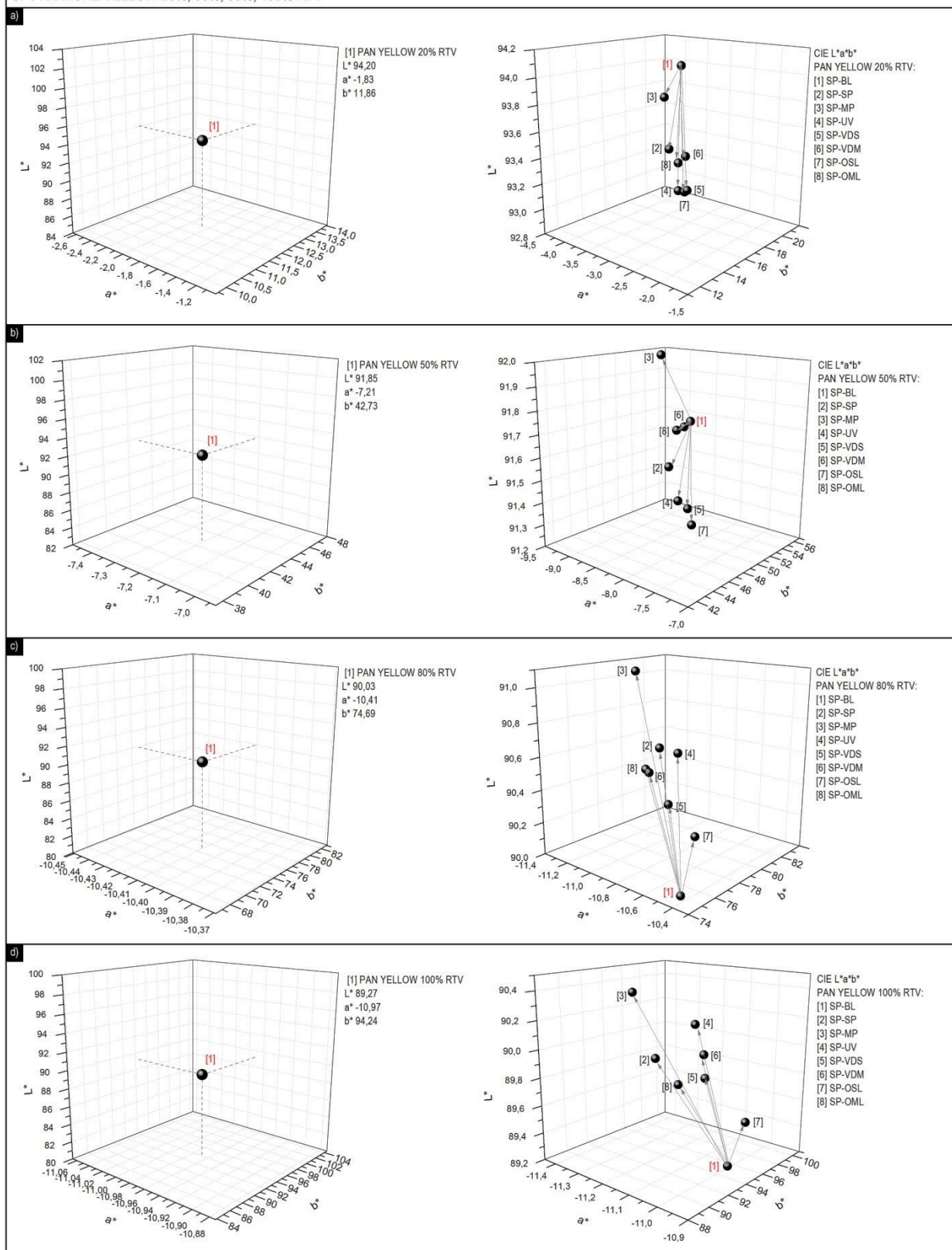
MP / PANTONE YELLOW 20%, 50%, 80%, 100% RTV



Slika 3.50. CIE L\*a\*b\* vrijednosti PANTONE Yellow na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.42.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Yellow

MP PANTONE Yellow	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-1,53	-2,46	8,3	8,6	3,56°	1,03	5,19
BL-MP	-0,95	-2,24	8,09	8,35	3,09°	0,89	4,97
BL-UV	-1,62	-1,87	7,56	7,76	2,36°	0,67	4,67
BL-VDS	-1,3	-0,29	1,53	1,56	0,33°	0,08	1,26
BL-VDM	-0,87	-0,3	1,47	1,5	0,41°	0,1	1,09
BL-OSL	-0,88	-0,33	1,21	1,24	0,67°	0,16	0,97
BL-OML	-0,43	-0,25	0,55	0,58	0,75°	0,17	0,51
50 % RTV							
BL-SP	-0,78	-2,28	10,55	10,78	0,66°	0,57	3,35
BL-MP	0	-1,87	8,78	8,97	0,54°	0,46	2,79
BL-UV	-0,76	-1,8	10,03	10,19	0,25°	0,22	3,16
BL-VDS	-0,53	-0,54	2,22	2,28	0,23°	0,19	0,82
BL-VDM	-0,06	-0,42	1,04	1,09	0,32°	0,25	0,4
BL-OSL	-0,25	-0,5	1,49	1,55	0,33°	0,26	0,56
BL-OML	0,16	-0,47	0,06	0,13	0,58°	0,45	0,33
80 % RTV							
BL-SP	0,04	-1,29	5,13	5,26	0,43°	0,6	1,19
BL-MP	0,66	-0,84	0,62	0,73	0,55°	0,75	0,61
BL-UV	0,2	-1,06	5,91	6	0,2°	0,28	1,31
BL-VDS	0,1	-0,59	2,72	2,77	0,17°	0,23	0,62
BL-VDM	0,59	-0,43	-1,06	-0,99	0,42°	0,57	0,53
BL-OSL	0,2	-0,56	2,36	2,41	0,18°	0,25	0,56
BL-OML	0,64	-0,6	2,9	2,95	0,16°	0,22	0,77
100 % RTV							
BL-SP	0,29	-1,19	-1,25	-1,11	0,76°	1,32	0,71
BL-MP	0,95	-0,32	-6,11	-6,04	0,58°	0,97	1,37
BL-UV	0,5	-0,57	3,17	3,21	0,14°	0,24	0,67
BL-VDS	0,3	-0,55	1,93	1,98	0,2°	0,35	0,44
BL-VDM	0,82	-0,3	-4,68	-4,62	0,47°	0,8	1,08
BL-OSL	0,59	-0,92	-1,1	-0,99	0,6°	1,03	0,66
BL-OML	0,81	-0,92	-3,11	-2,99	0,73°	1,25	0,98

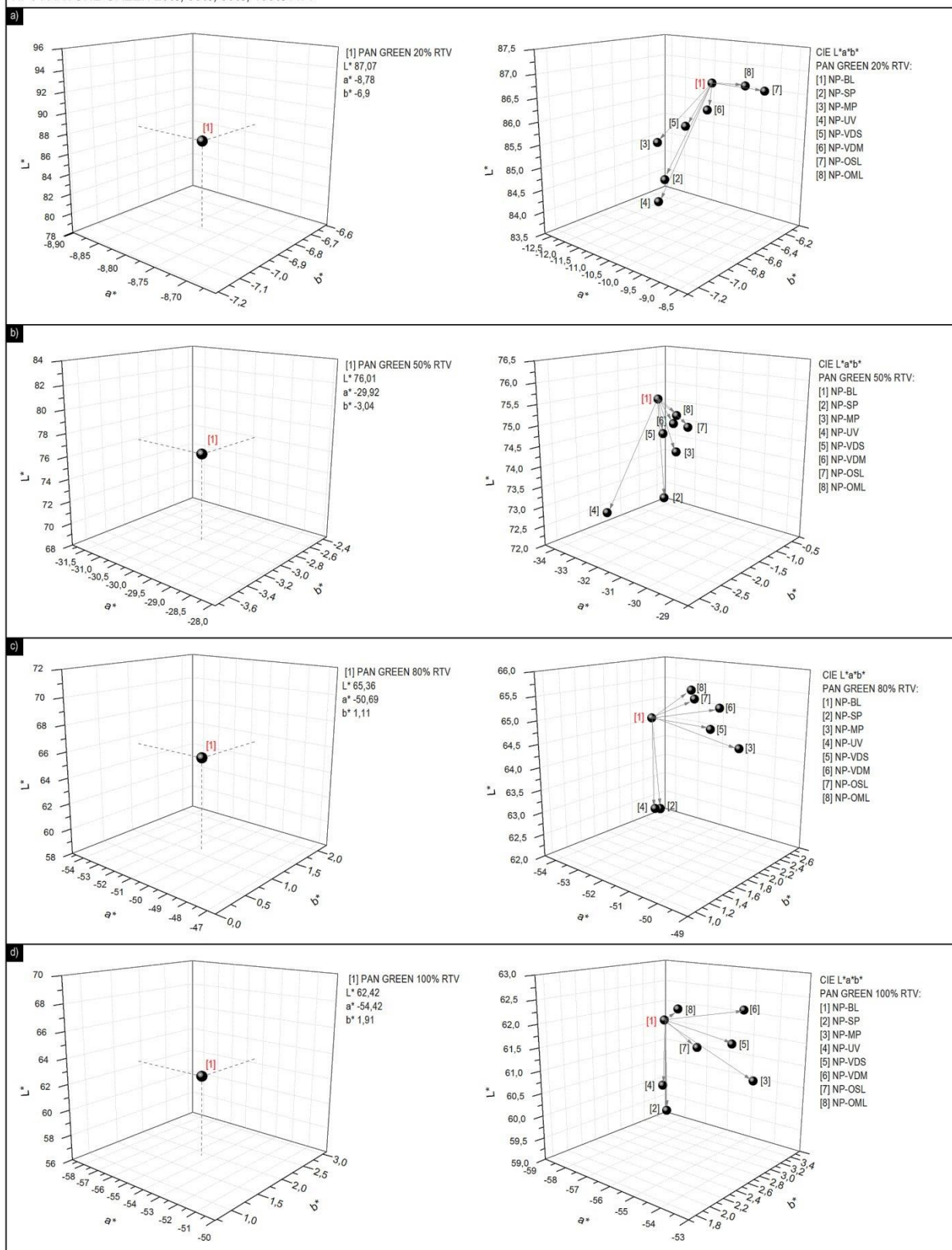


**Slika 3.51.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Yellow na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.43.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Yellow

SP PANTONE Yellow	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-0,98	-2,34	9,17	9,44	2,44°	0,68	5,57
BL-MP	-0,49	-2,24	8,24	8,51	2,68°	0,73	5,1
BL-UV	-1,26	-1,79	7,77	7,96	1,68°	0,45	4,8
BL-VDS	-0,89	-0,33	2,04	2,07	0,06°	0,01	1,42
BL-VDM	-0,65	-0,35	1,95	1,98	0,2°	0,04	1,33
BL-OSL	-0,94	-0,5	2,57	2,62	0,4°	0,09	1,76
BL-OML	-0,7	-0,45	1,82	1,87	0,69°	0,16	1,29
50 % RTV							
BL-SP	-0,43	-1,97	12,41	12,56	-0,13°	0,11	3,9
BL-MP	0,14	-1,84	10,36	10,52	0,1°	0,08	3,3
BL-UV	-0,57	-1,63	11,29	11,4	-0,28°	0,24	3,58
BL-VDS	-0,41	-0,48	3,63	3,66	-0,16°	0,13	1,24
BL-VDM	-0,06	-0,4	2,47	2,5	-0,02°	0,02	0,83
BL-OSL	-0,49	-0,49	4,25	4,27	-0,27°	0,21	1,44
BL-OML	-0,07	-0,04	1,9	1,95	0,15°	0,12	0,66
80 % RTV							
BL-SP	0,47	-0,87	7,5	7,55	-0,12°	0,17	1,68
BL-MP	1,06	-0,59	2,81	2,86	0,14°	0,19	0,93
BL-UV	0,44	-0,76	8,08	8,11	-0,25°	0,34	1,8
BL-VDS	0,26	-0,47	4,1	4,13	-0,07°	0,1	0,94
BL-VDM	0,6	-0,24	0,29	0,32	0,15°	0,2	0,4
BL-OSL	0,03	-0,38	5,46	5,46	-0,27°	0,36	1,23
BL-OML	0,54	-0,43	1,94	1,98	0,12°	0,16	0,57
100 % RTV							
BL-SP	0,51	-0,4	3,42	3,44	0°	0	0,72
BL-MP	1,17	-0,18	-4,44	-4,39	0,44°	0,71	1,18
BL-UV	0,79	-0,29	5,08	5,08	-0,17°	0,29	1,08
BL-VDS	0,4	-0,23	4,57	4,57	-0,17°	0,29	0,9
BL-VDM	0,81	-0,01	-2,49	-2,47	0,18°	0,3	0,71
BL-OSL	0,09	-0,1	5,62	5,6	-0,31°	0,53	1,07
BL-OML	0,39	-0,26	2,23	2,25	0°	0	0,49

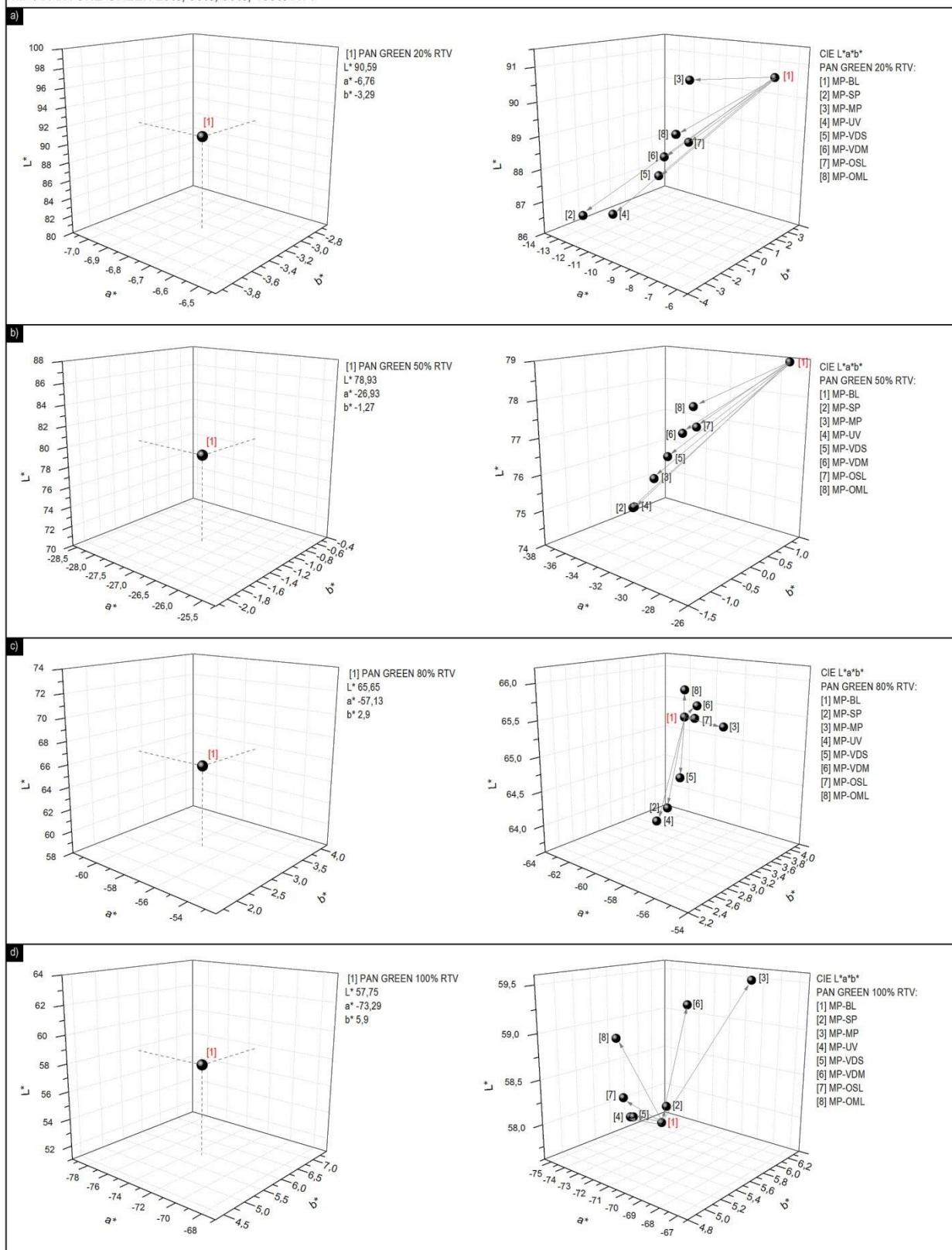


*Slika 3.52. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Green na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV*



**Tablica 3.44.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Green

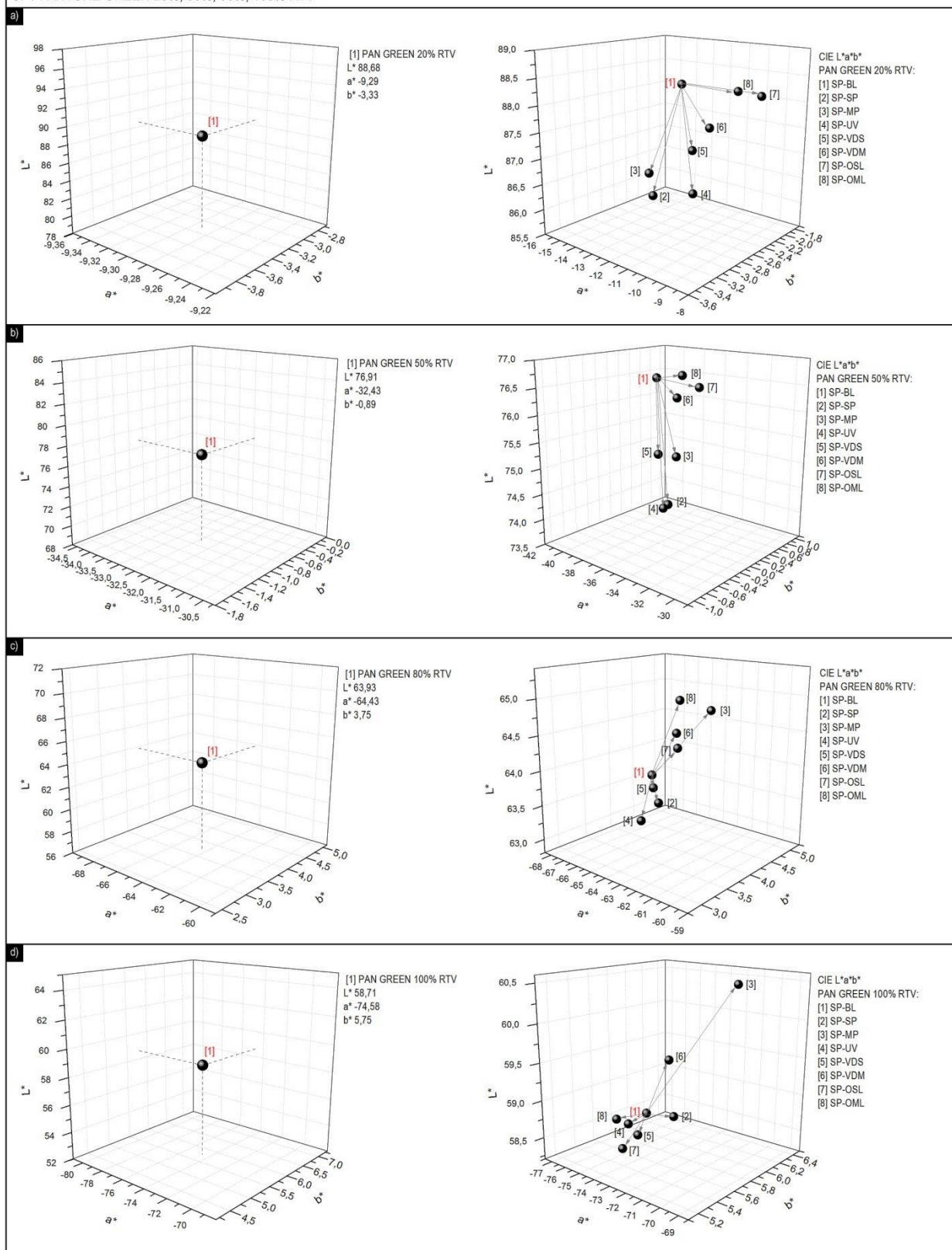
NP PANTONE Green	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,21	-3,59	0,77	2,64	-11,8°	2,55	3,96
BL-MP	-2,05	-3,31	0,59	2,47	-10,6°	2,28	3,36
BL-UV	-3,19	-2,54	0,35	1,91	-8,11°	1,71	3,16
BL-VDS	-0,64	0,07	-0,27	0,11	1,3°	0,25	0,47
BL-VDM	-0,55	-0,21	0,04	0,14	-0,82°	0,16	0,41
BL-OSL	-0,38	0,11	0,54	-0,41	-1,9°	0,36	0,47
BL-OML	-0,18	0,08	0,32	-0,26	-1,06°	0,2	0,26
50 % RTV							
BL-SP	-3,74	-3,94	2,39	3,79	-4,7°	2,62	3,64
BL-MP	-2,32	-3,44	2,44	3,29	-4,77°	2,64	2,83
BL-UV	-3,37	-3,53	0,7	3,46	-1,8°	1	2,95
BL-VDS	-0,72	0,04	0,08	-0,05	-0,14°	0,08	0,53
BL-VDM	-0,64	-0,22	0,45	0,18	-0,89°	0,47	0,57
BL-OSL	-0,58	0,57	0,28	-0,59	-0,43°	0,22	0,52
BL-OML	-0,36	0,28	0,22	-0,3	-0,37°	0,19	0,32
80 % RTV							
BL-SP	-3,03	-3,09	1,32	3,13	-1,33°	1,22	2,78
BL-MP	-1,25	-0,39	1,55	0,45	-1,73°	1,53	1,36
BL-UV	-2,63	-2,22	0,89	2,25	-0,91°	0,82	2,34
BL-VDS	-0,35	0,59	0,57	-0,57	-0,67°	0,59	0,47
BL-VDM	0,04	0,68	0,66	-0,66	-0,77°	0,68	0,44
BL-OSL	0,41	1,13	0,09	-1,13	-0,13°	0,12	0,49
BL-OML	0,55	1,01	0,1	-1,01	-0,14°	0,12	0,55
100 % RTV							
BL-SP	-3,18	-4,01	1,5	4,08	-1,33°	1,31	3,08
BL-MP	-1,73	0,24	1,3	-0,18	-1,38°	1,31	1,65
BL-UV	-1,24	-0,12	0,02	0,12	-0,02°	0,02	1,06
BL-VDS	-0,63	0,69	0,69	-0,66	-0,76°	0,72	0,7
BL-VDM	0,04	0,96	0,74	-0,93	-0,83°	0,78	0,51
BL-OSL	-0,55	0,5	0,25	-0,49	-0,28°	0,27	0,51
BL-OML	0,22	0,39	0,03	-0,39	-0,05°	0,04	0,22



**Slika 3.53.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Green na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.45.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Green

MP PANTONE Green	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,24	-6,46	0,9	5,92	-15,7°	2,75	6,51
BL-MP	0,57	0,67	-0,01	-0,59	2,5°	0,31	0,79
BL-UV	-3,91	-4,61	1,05	4,07	-14,81°	2,41	5,13
BL-VDS	-1,97	-0,8	-0,04	0,74	-2,18°	0,3	1,48
BL-VDM	-1,55	-0,9	0,37	0,68	-5,08°	0,7	1,4
BL-OSL	-1,18	-0,22	1,02	-0,18	-7,94°	1,03	1,19
BL-OML	-0,94	-0,49	0,59	0,22	-5,53°	0,74	0,96
50 % RTV							
BL-SP	-4,61	-10	1,58	10,01	-3,18°	1,75	5,45
BL-MP	-3,46	-7,78	1,53	7,75	-3,13°	1,67	4,28
BL-UV	-4,16	-8,09	1,11	8,06	-2,44°	1,31	4,63
BL-VDS	-1,83	-1,78	0,14	1,77	-0,45°	0,22	1,54
BL-VDM	-1,41	-1,93	0,51	1,91	-1,19°	0,58	1,39
BL-OSL	-1,11	-0,39	0,33	0,38	-0,73°	0,35	0,84
BL-OML	-0,64	-0,47	0,28	0,46	-0,63°	0,3	0,54
80 % RTV							
BL-SP	-1,98	-5,85	1,11	5,9	-0,74°	0,77	2,32
BL-MP	-0,41	-1,41	1,05	1,47	-0,95°	0,96	0,74
BL-UV	-2,03	-5,17	0,75	5,2	-0,45°	0,47	2,21
BL-VDS	-0,87	-0,7	0,11	0,7	-0,07°	0,07	0,74
BL-VDM	0,2	1,15	-0,1	-1,15	0,04°	0,04	0,36
BL-OSL	0,16	2,39	-0,45	-2,41	0,34°	0,34	0,72
BL-OML	0,49	2,24	-0,55	-2,26	0,45°	0,44	0,79
100 % RTV							
BL-SP	0	-1,5	0,38	1,53	-0,2°	0,26	0,37
BL-MP	1,84	5,93	-0,15	-5,92	-0,28°	0,34	2,18
BL-UV	0,07	-1,28	-0,19	1,26	0,22°	0,29	0,33
BL-VDS	0,17	-0,31	-0,33	0,28	0,27°	0,35	0,24
BL-VDM	1,65	4,65	-0,65	-4,69	0,23°	0,28	1,86
BL-OSL	0,61	1,3	-0,74	-1,35	0,5°	0,64	0,7
BL-OML	1,32	2,22	-0,97	-2,29	0,63°	0,8	1,36

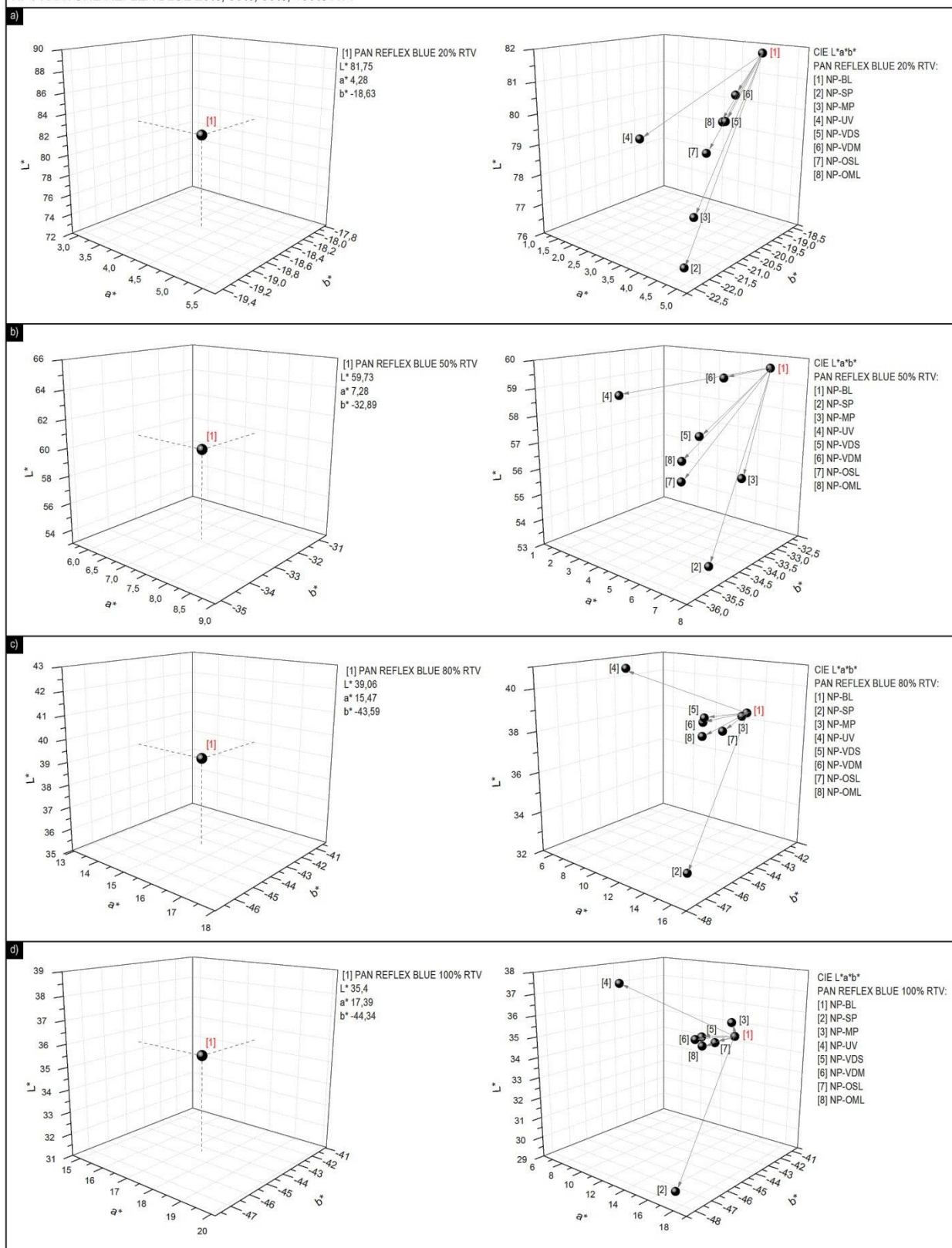


**Slika 3.54.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Green na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.46.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Green

SP PANTONE Green	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-3,09	-5,95	1,2	5,52	-11,76°	2,53	5,42
BL-MP	-2,49	-5,72	1,07	5,31	-11,16°	2,38	5,1
BL-UV	-2,97	-4,15	1,42	3,71	-11,63°	2,35	4,25
BL-VDS	-1,14	-0,06	0,17	0	-1,05°	0,18	0,74
BL-VDM	-0,88	-0,22	0,47	0,06	-2,98°	0,52	0,72
BL-OSL	-0,43	0,69	0,99	-0,96	-4,5°	0,74	1,02
BL-OML	-0,27	0,44	0,68	-0,63	-3,05°	0,51	0,67
50 % RTV							
BL-SP	-3,4	-8,08	1,76	8,08	-2,8°	1,77	4,11
BL-MP	-2,19	-6,73	1,67	6,73	-2,71°	1,69	3,23
BL-UV	-3,22	-6,61	1,38	6,6	-2,29°	1,42	3,59
BL-VDS	-1,35	-1,06	0,22	1,05	-0,43°	0,25	1,08
BL-VDM	-0,4	-0,2	0,35	0,19	-0,62°	0,35	0,38
BL-OSL	-0,11	2,4	0,15	-2,4	-0,16°	0,09	1,02
BL-OML	0,07	1,65	0,05	-1,65	-0,01°	0	0,69
80 % RTV							
BL-SP	-0,93	-3,3	1,11	3,37	-0,77°	0,89	1,23
BL-MP	0,82	1,27	0,84	-1,21	-0,83°	0,92	0,88
BL-UV	-1,08	-3,21	0,63	3,24	-0,37°	0,43	1,24
BL-VDS	-0,17	0,16	-0,02	-0,16	0,01°	0,01	0,15
BL-VDM	0,76	2,62	-0,32	-2,63	0,15°	0,17	0,94
BL-OSL	0,7	3,85	-0,69	-3,88	0,44°	0,48	1,2
BL-OML	1,3	4,44	-0,84	-4,48	0,55°	0,6	1,62
100 % RTV							
BL-SP	-0,47	-1,73	0,65	1,78	-0,39°	0,51	0,63
BL-MP	1,86	5,26	0,01	-5,24	-0,34°	0,43	2,07
BL-UV	-0,33	-1,91	0,1	1,91	0,04°	0,05	0,53
BL-VDS	-0,48	-1,41	0,13	1,42	-0,02°	0,02	0,54
BL-VDM	1,07	3,85	-0,43	-3,87	0,11°	0,14	1,31
BL-OSL	-0,33	0,19	-0,3	-0,21	0,22°	0,28	0,33
BL-OML	0,28	1,48	-0,55	-1,52	0,34°	0,44	0,48

NP / PANTONE REFLEX BLUE 20%, 50%, 80%, 100% RTV



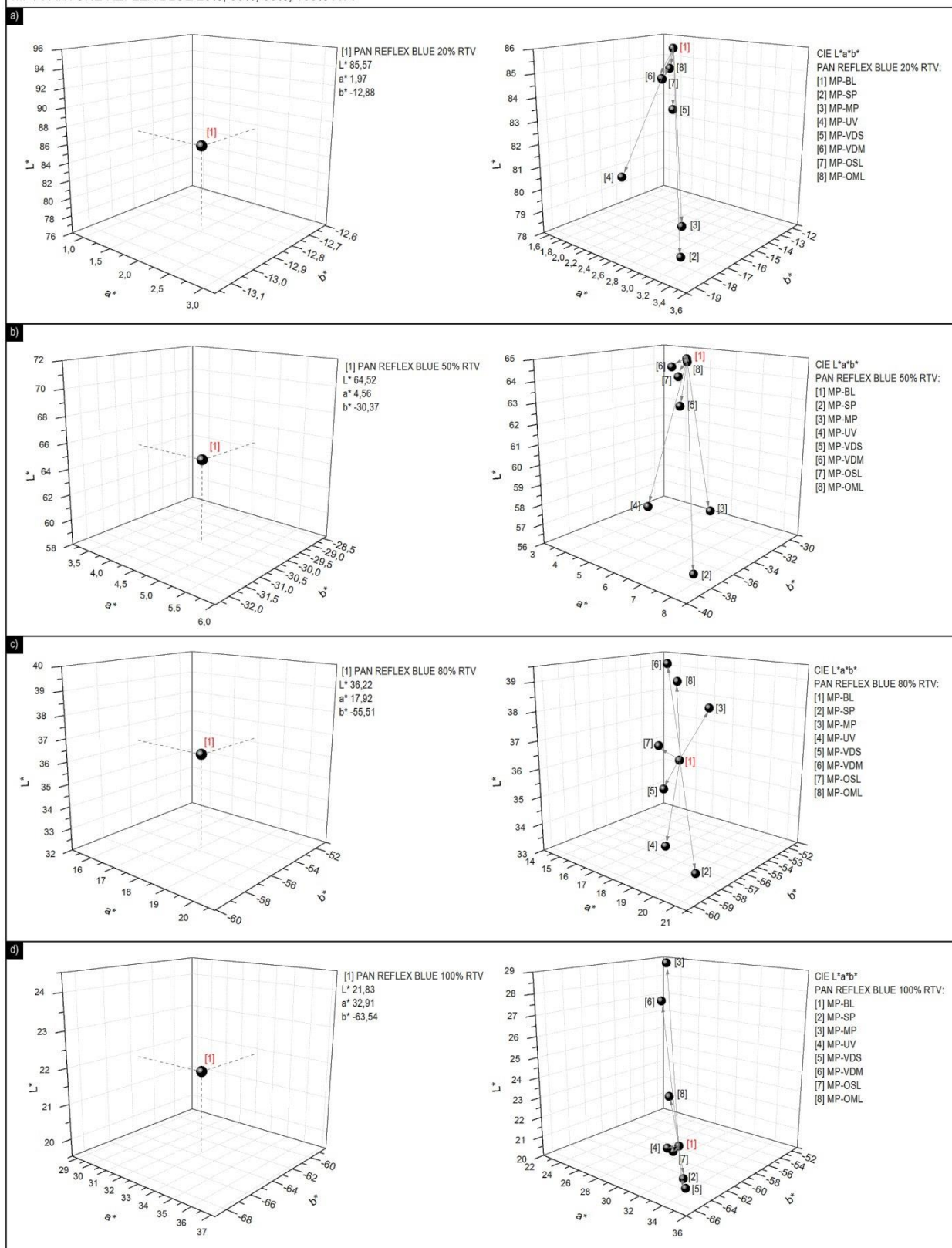
**Slika 3.55.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Reflex Blue na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.47.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Reflex Blue

NP PANTONE Reflex Blue	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-5,44	0,56	-3,67	3,7	-0,69°	0,25	4,31
BL-MP	-4,08	0,53	-3,33	3,37	-0,58°	0,21	3,38
BL-UV	-3,3	-2,89	-1,1	0,66	-8,91°	3,02	4,21
BL-VDS	-2	-0,16	-1,23	1,17	-1,22°	0,42	1,63
BL-VDM	-1,34	-0,37	-0,51	0,42	-1,39°	0,47	1,11
BL-OSL	-3,02	-0,44	-1,56	1,44	-2,17°	0,75	2,45
BL-OML	-2,05	-0,27	-1,18	1,1	-1,5°	0,51	1,68
50 % RTV							
BL-SP	-6,61	-0,18	-1,94	1,86	-0,96°	0,58	6,23
BL-MP	-4,22	-0,81	-0,22	0,05	-1,42°	0,84	3,91
BL-UV	-1,41	-5,69	-1,18	0,42	-9,81°	5,8	5,01
BL-VDS	-2,18	-1,09	-1,62	1,37	-2,31°	1,39	2,54
BL-VDM	-0,68	-2,46	0,38	-0,82	-4,05°	2,35	1,83
BL-OSL	-3,09	-0,14	-2,91	2,82	-1,2°	0,74	3,23
BL-OML	-2,53	-0,37	-2,73	2,6	-1,5°	0,92	2,83
80 % RTV							
BL-SP	-6,09	0,43	-3,56	3,5	-0,9°	0,76	5,32
BL-MP	-0,83	-2,61	2,01	-2,73	-2,35°	1,84	1,29
BL-UV	1,48	-9,18	-0,52	-1,7	-11,42°	9,04	6,81
BL-VDS	-0,98	-3,97	0,53	-1,68	-4,59°	3,63	2,67
BL-VDM	-0,67	-3,6	0,32	-1,39	-4,2°	3,34	2,44
BL-OSL	-0,96	-1,47	-0,22	-0,26	-1,82°	1,46	1,39
BL-OML	-1,1	-2,04	-0,98	0,3	-2,77°	2,24	2,09
100 % RTV							
BL-SP	-5,99	-0,08	-3,51	3,26	-1,53°	1,31	5,12
BL-MP	-0,26	-3,67	3,06	-4,13	-3,03°	2,41	1,47
BL-UV	1,66	-10,2	0,01	-2,73	-12,28°	9,89	7,3
BL-VDS	-0,81	-4,52	1,53	-2,93	-4,68°	3,77	2,56
BL-VDM	-0,35	-2,68	-0,39	-0,54	-3,21°	2,65	2,02
BL-OSL	-0,65	-2,24	0,59	-1,33	-2,31°	1,9	1,38
BL-OML	-0,52	-1,88	-0,58	-0,11	-2,37°	1,96	1,6

MP / PANTONE REFLEX BLUE 20%, 50%, 80%, 100% RTV



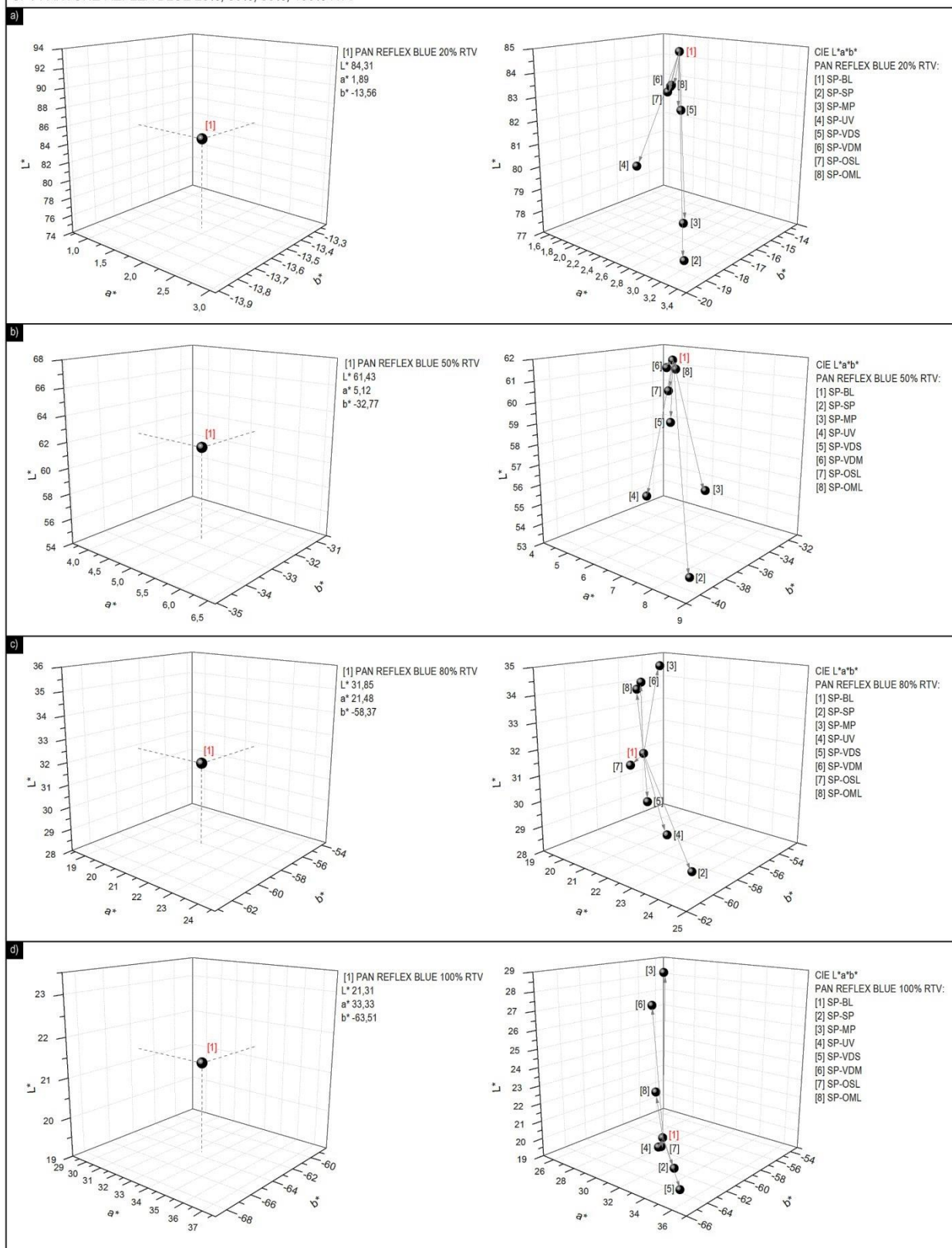
**Slika 3.56.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Reflex Blue na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.48.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Reflex Blue

MP PANTONE Reflex Blue	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-6,65	1,43	-6,01	6,16	1,51°	0,42	5,75
BL-MP	-5,75	1,31	-5,41	5,55	1,47°	0,4	5,06
BL-UV	-5,45	-0,02	-3,46	3,43	-1,89°	0,48	4,27
BL-VDS	-2,61	0,23	-1,04	1,06	0,29°	0,07	1,85
BL-VDM	-1,52	-0,21	0,09	-0,12	-0,86°	0,19	1,04
BL-OSL	-1,64	-0,29	0,49	-0,53	-0,97°	0,22	1,17
BL-OML	-0,99	-0,1	0,2	-0,21	-0,31°	0,07	0,67
50 % RTV							
BL-SP	-7,89	3,57	-8,16	8,67	3,38°	2,05	7,24
BL-MP	-5,92	3,08	-5,49	5,95	3,49°	2,04	5,3
BL-UV	-6,36	1,09	-6,15	6,24	0,26°	0,15	5,98
BL-VDS	-2,17	0,53	-1,93	1,99	0,42°	0,23	1,94
BL-VDM	-0,58	-0,81	0,44	-0,55	-1,4°	0,74	0,68
BL-OSL	-0,91	-0,1	-0,59	0,57	-0,34°	0,18	0,84
BL-OML	-0,14	0,08	-0,14	0,15	0,11°	0,06	0,12
80 % RTV							
BL-SP	-2,76	2,77	-3,07	3,8	1,56°	1,64	2,44
BL-MP	1,46	-0,52	3,33	-3,33	0,55°	0,54	1,77
BL-UV	-1,85	1,94	-3,93	4,34	0,58°	0,62	1,77
BL-VDS	-0,74	0,24	-1,57	1,57	-0,24°	0,25	0,85
BL-VDM	2,92	-3,01	3,49	-4,22	-1,9°	1,86	2,67
BL-OSL	0,49	-0,72	-0,56	0,32	-0,84°	0,85	0,82
BL-OML	2,48	-1,44	1,99	-2,33	-0,78°	0,77	2,16
100 % RTV							
BL-SP	-1,45	0,46	-0,08	0,28	0,3°	0,37	1,04
BL-MP	7,01	-9,15	10,64	-13,5	-3,19°	3,59	6,01
BL-UV	0,29	0,31	-1,8	1,74	-0,43°	0,55	0,7
BL-VDS	-1,29	1,78	-1,68	2,31	0,63°	0,8	1,07
BL-VDM	5,31	-7,28	7,46	-9,9	-2,82°	3,27	4,56
BL-OSL	-0,18	-0,1	-0,55	0,44	-0,27°	0,34	0,32
BL-OML	1,78	-1,97	1,46	-2,19	-0,89°	1,09	1,45

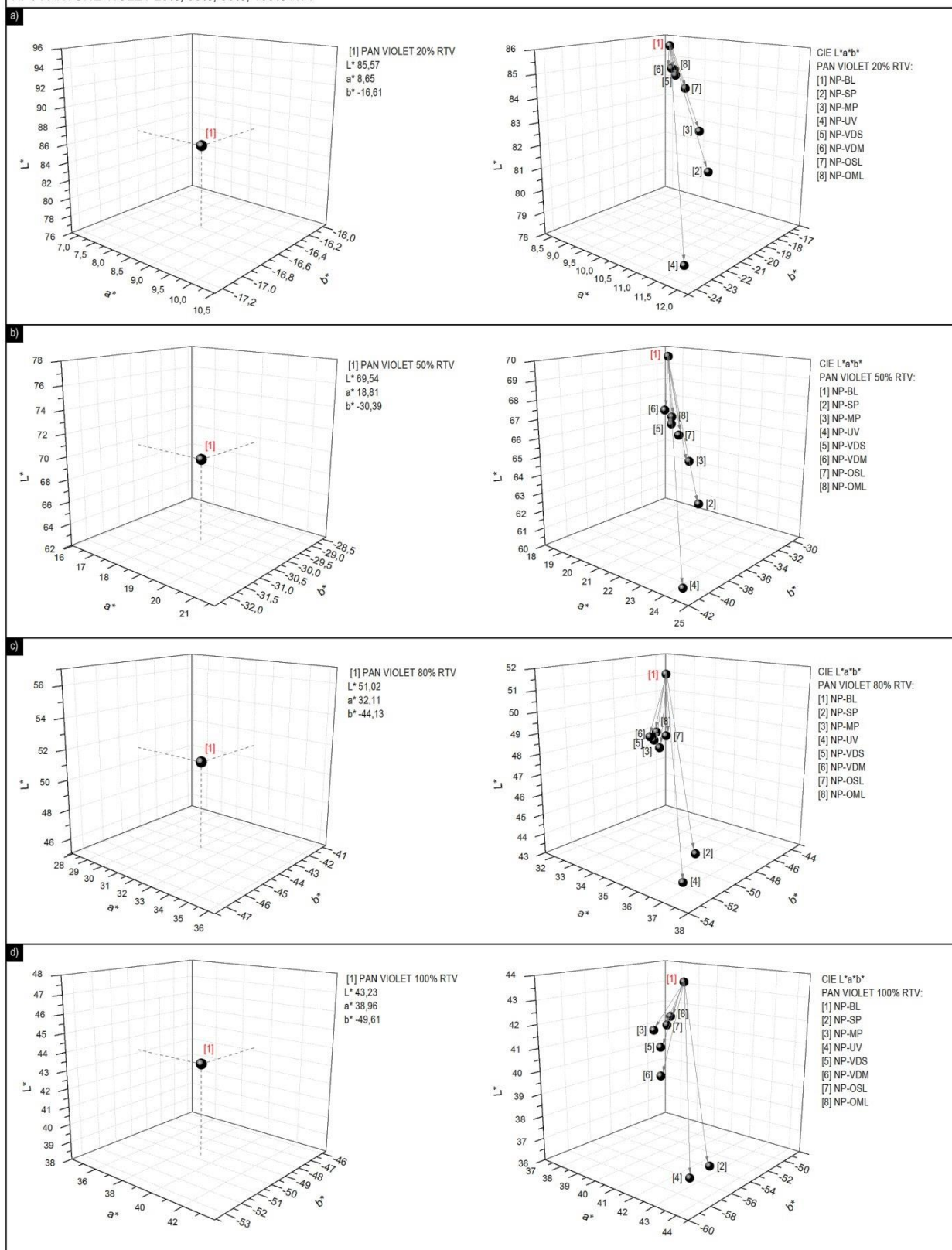
SP / PANTONE REFLEX BLUE 20%, 50%, 80%, 100% RTV



**Slika 3.57.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Reflex Blue na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.49.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Reflex Blue

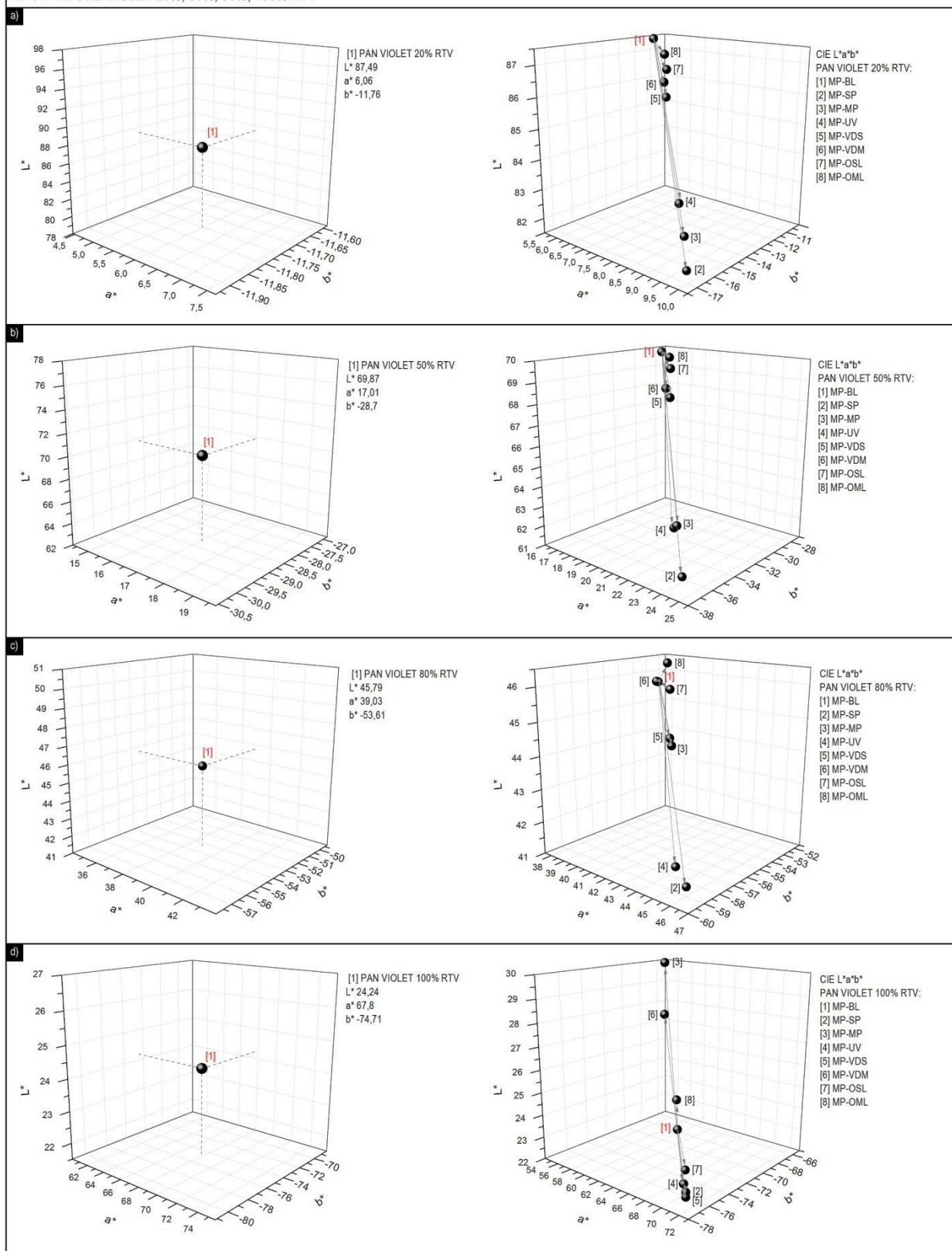
SP PANTONE Reflex Blue	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-6,55	1,44	-5,82	5,97	1,81°	0,52	5,63
BL-MP	-5,35	1,33	-5,39	5,53	1,71°	0,48	4,83
BL-UV	-4,99	0,01	-2,71	2,69	-1,27°	0,33	3,79
BL-VDS	-2,45	0,32	-1,24	1,27	0,56°	0,14	1,82
BL-VDM	-1,66	-0,04	-0,4	0,39	-0,39°	0,09	1,14
BL-OSL	-2,06	-0,18	0	-0,02	-0,75°	0,18	1,4
BL-OML	-1,57	-0,01	-0,46	0,45	-0,3°	0,07	1,09
50 % RTV							
BL-SP	-7,89	3,54	-7,12	7,65	3,37°	2,16	7,41
BL-MP	-5,01	2,88	-4,28	4,74	3,3°	2,04	4,61
BL-UV	-5,88	1,15	-4,81	4,93	0,59°	0,37	5,54
BL-VDS	-2,85	0,72	-1,87	1,96	0,69°	0,41	2,56
BL-VDM	-0,53	-0,5	0,65	-0,72	-0,7°	0,4	0,5
BL-OSL	-1,53	0,09	-0,57	0,58	0°	0	1,35
BL-OML	-0,43	0,18	-0,13	0,16	0,27°	0,16	0,38
80 % RTV							
BL-SP	-3,36	2,7	-1,51	2,38	1,79°	1,98	2,86
BL-MP	2,68	-2,06	5,21	-5,6	-0,14°	0,14	2,6
BL-UV	-1,9	2,32	-2,61	3,26	1,12°	1,24	1,66
BL-VDS	-1,42	0,83	-1,22	1,43	0,32°	0,35	1,15
BL-VDM	2,13	-1,98	3,4	-3,87	-0,67°	0,71	1,88
BL-OSL	-0,39	-0,19	-0,67	0,56	-0,37°	0,41	0,52
BL-OML	1,99	-1,56	2,29	-2,68	-0,65°	0,69	1,68
100 % RTV							
BL-SP	-1,75	0,34	0,73	-0,49	0,51°	0,64	1,32
BL-MP	6,88	-7,39	9,35	-11,6	-2,1°	2,4	5,65
BL-UV	-0,21	0,33	-0,8	0,86	-0,06°	0,08	0,28
BL-VDS	-1,88	2,15	-1,06	1,95	1,1°	1,39	1,57
BL-VDM	5,07	-7,11	7,62	-9,99	-2,56°	2,97	4,36
BL-OSL	-0,61	-0,33	0,27	-0,39	-0,13°	0,17	0,44
BL-OML	1,49	-2,36	2,25	-3,08	-0,87°	1,07	1,31



**Slika 3.58.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Violet na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.50.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Violet

NP PANTONE Violet	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,5	3,15	-3,62	4,66	3,14°	1,13	4,04
BL-MP	-3	2,72	-3,11	4,01	2,81°	1	3,08
BL-UV	-6,98	3,87	-7,13	8,11	0,85°	0,33	6,25
BL-VDS	-1,17	1,29	-1,15	1,61	1,9°	0,64	1,36
BL-VDM	-0,93	1,03	-0,82	1,19	1,67°	0,55	1,08
BL-OSL	-1,84	1,36	-0,58	1,14	2,85°	0,95	1,7
BL-OML	-1,1	0,9	-0,24	0,62	2,13°	0,7	1,09
50 % RTV							
BL-SP	-6,85	3,98	-5,42	6,71	0,72°	0,49	6,03
BL-MP	-4,94	3,09	-4,44	5,4	0,4°	0,27	4,4
BL-UV	-9,45	5,43	-10,35	11,67	-1°	0,72	8,89
BL-VDS	-3,5	1,36	-2,59	2,92	-0,31°	0,2	3,01
BL-VDM	-2,79	0,97	-2,49	2,63	-0,73°	0,47	2,49
BL-OSL	-4,25	1,45	-1,9	2,38	0,35°	0,23	3,5
BL-OML	-3,29	0,97	-1,66	1,92	-0,07°	0,05	2,71
80 % RTV							
BL-SP	-7,6	3,92	-5,06	6,4	0,18°	0,18	7,64
BL-MP	-3,56	0,87	-2,34	2,41	-0,68°	0,66	3,67
BL-UV	-7,25	5,25	-8,96	10,34	-0,91°	0,94	7,72
BL-VDS	-3,01	1,01	-3,11	3,12	-1,01°	0,99	3,25
BL-VDM	-2,69	1,18	-3,83	3,81	-1,28°	1,26	3,09
BL-OSL	-3,11	0,68	-1,32	1,47	-0,23°	0,22	3,14
BL-OML	-2,9	0,4	-1,74	1,65	-0,71°	0,69	2,99
100 % RTV							
BL-SP	-6,9	3,94	-5,08	6,43	-0,03°	0,04	6,26
BL-MP	-2,4	-1,32	-0,84	-0,14	-1,42°	1,56	2,38
BL-UV	-6,2	4,84	-8,86	9,98	-1,31°	1,55	6,14
BL-VDS	-2,74	0,21	-2,87	2,41	-1,41°	1,58	2,78
BL-VDM	-3,44	1,6	-5,38	5,25	-1,73°	1,98	3,67
BL-OSL	-2,08	-0,68	-0,58	0,04	-0,81°	0,89	1,97
BL-OML	-1,57	-0,27	-0,94	0,58	-0,71°	0,79	1,53

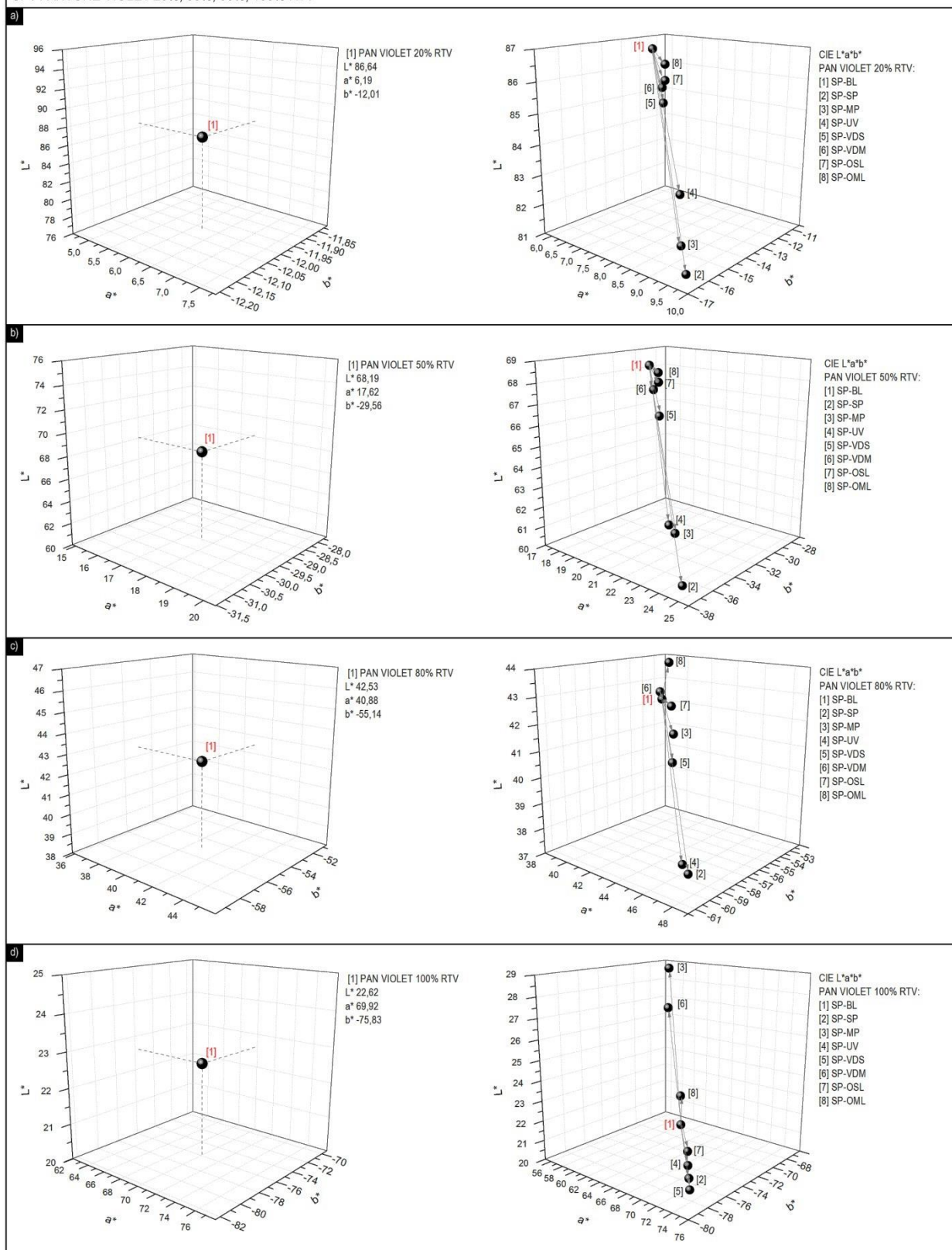


**Slika 3.59.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Violet na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.51.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Violet

MP PANTONE Violet	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-5,83	3,69	-4,81	6	3,21°	0,89	5,49
BL-MP	-5,13	3,27	-4,14	5,21	3,14°	0,86	4,84
BL-UV	-4,9	2,16	-2,32	3,07	3,01°	0,77	3,94
BL-VDS	-1,96	0,58	-0,23	0,48	1,72°	0,4	1,41
BL-VDM	-1,47	0,41	-0,06	0,25	1,43°	0,33	1,05
BL-OSL	-1,19	-0,06	0,99	-0,9	1,86°	0,41	1,04
BL-OML	-0,63	-0,09	0,89	-0,83	1,51°	0,34	0,74
50 % RTV							
BL-SP	-8,17	7,57	-8,45	11,18	2,84°	1,91	7,71
BL-MP	-6,68	6,1	-6,85	9,04	2,37°	1,56	6,27
BL-UV	-7,31	5,14	-5,76	7,6	2,08°	1,34	6,52
BL-VDS	-2,18	1,47	-1,14	1,74	1,12°	0,67	1,86
BL-VDM	-1,78	1,02	-0,94	1,33	0,66°	0,39	1,49
BL-OSL	-0,93	0,23	0,6	-0,4	0,88°	0,51	0,87
BL-OML	-0,35	0,07	0,69	-0,56	0,72°	0,42	0,53
80 % RTV							
BL-SP	-4,52	6,96	-5,38	8,49	1,88°	2,32	4,74
BL-MP	-1,64	2,67	-1,79	3,03	0,91°	1,08	1,79
BL-UV	-4,69	4,9	-3,84	6,01	1,35°	1,63	4,62
BL-VDS	-1,49	2,22	-1,44	2,48	0,79°	0,93	1,6
BL-VDM	0,04	0,12	-0,25	0,27	-0,04°	0,05	0,09
BL-OSL	-0,28	0,26	0,64	-0,36	0,51°	0,59	0,48
BL-OML	0,5	-0,58	1,3	-1,39	0,26°	0,3	0,65
100 % RTV							
BL-SP	-1,57	3,93	-2,45	4,46	0,69°	1,24	1,46
BL-MP	5,76	-11,6	7,94	-13,6	-2,15°	3,52	5,21
BL-UV	-1,99	1,55	-0,64	1,52	0,4°	0,71	1,48
BL-VDS	-1,78	3,93	-2,43	4,45	0,69°	1,25	1,57
BL-VDM	3,72	-7,96	5,02	-9,03	-1,57°	2,64	3,4
BL-OSL	-1,48	1,4	-0,35	1,2	0,45°	0,8	1,14
BL-OML	0,77	-2,05	1,59	-2,55	-0,26°	0,46	0,74

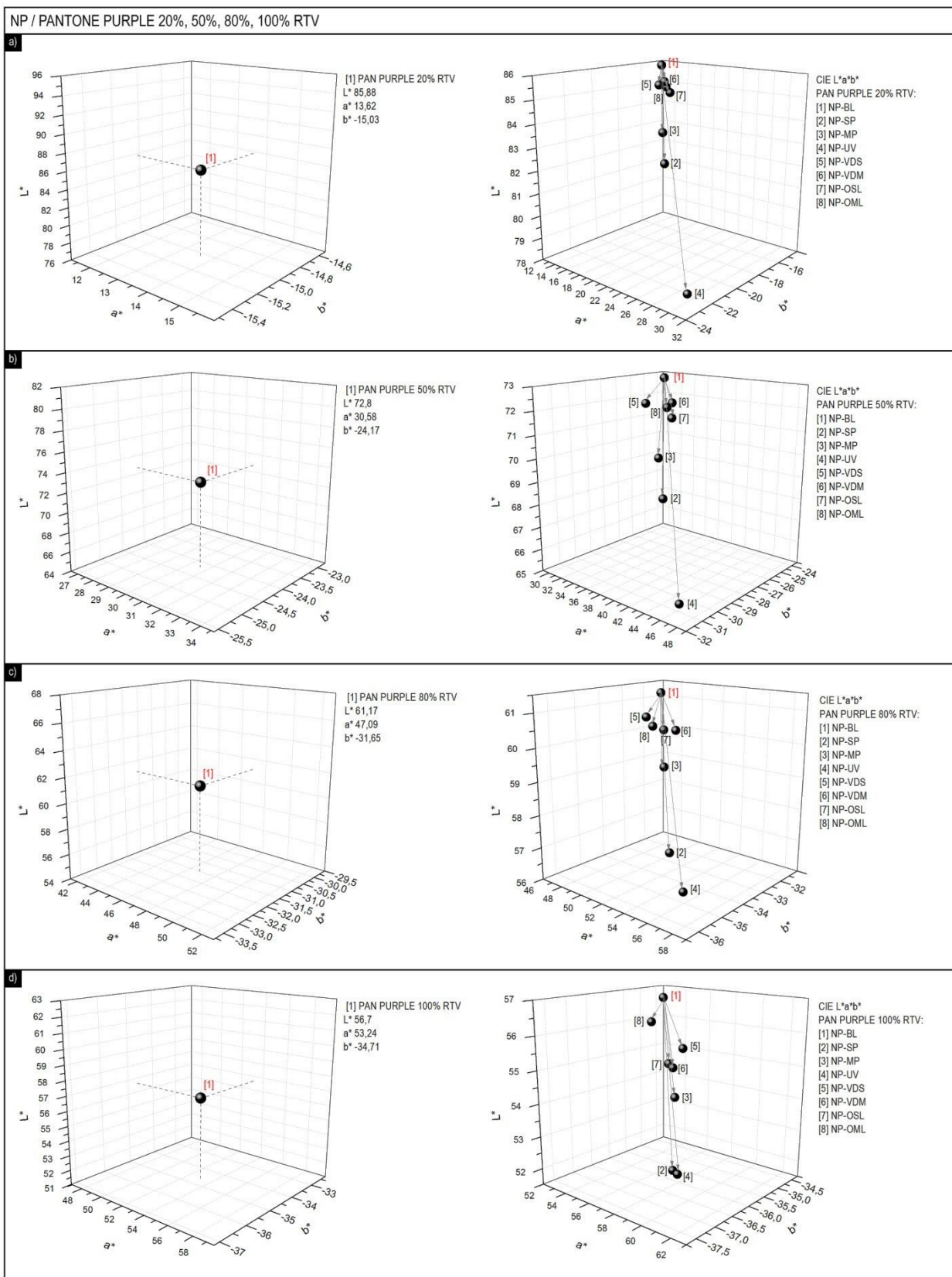


**Slika 3.60.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Violet na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.52.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Violet

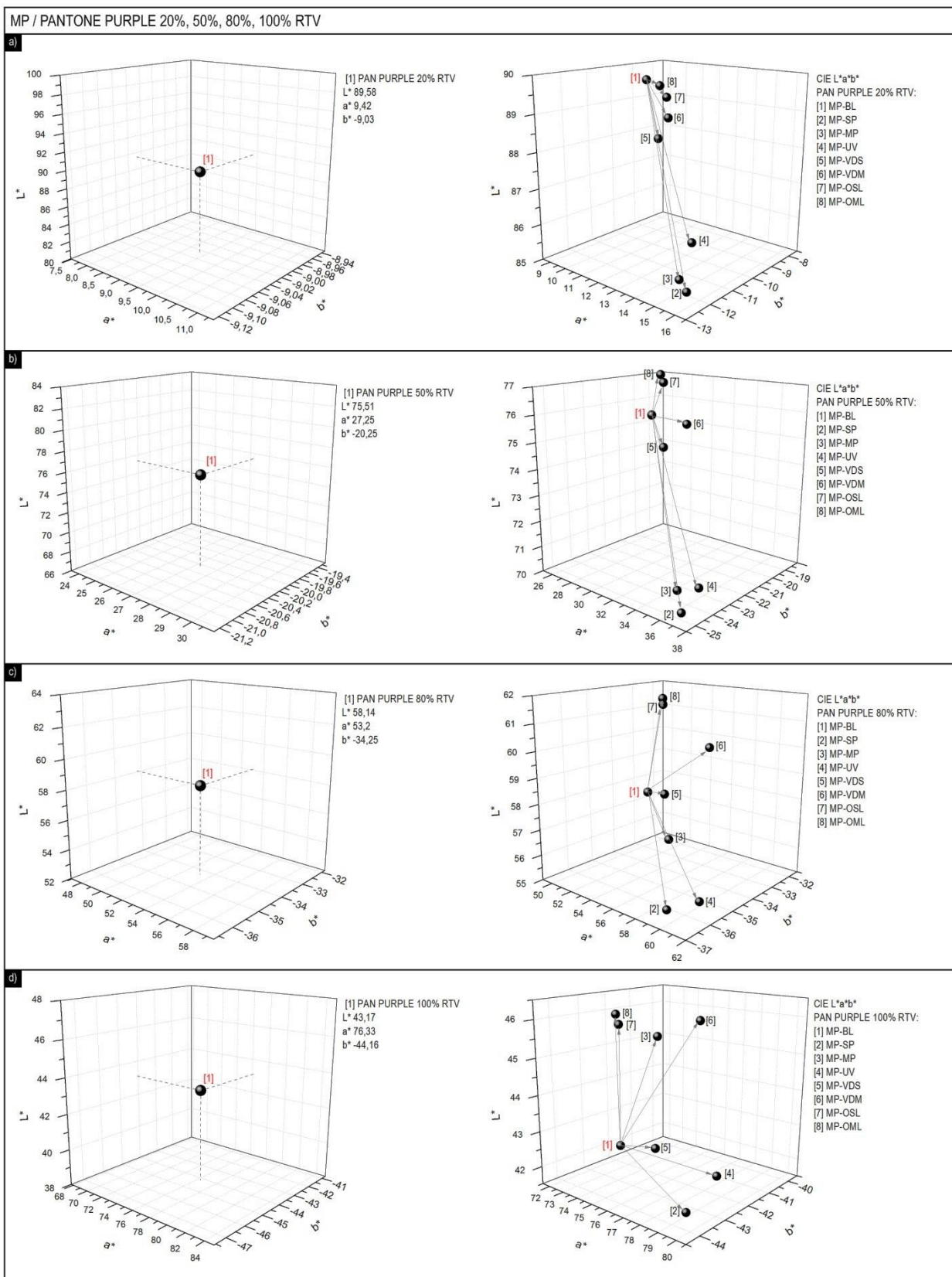
SP PANTONE Violet	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-5,45	3,46	-4,41	5,53	3,18°	0,89	5,13
BL-MP	-4,72	3,26	-4,27	5,31	2,87°	0,8	4,67
BL-UV	-4,37	1,85	-1,72	2,4	3,09°	0,79	3,45
BL-VDS	-1,75	0,64	-0,49	0,73	1,39°	0,34	1,32
BL-VDM	-1,3	0,38	-0,1	0,27	1,21°	0,29	0,94
BL-OSL	-1,25	-0,09	0,9	-0,84	1,5°	0,34	1,03
BL-OML	-0,64	-0,05	0,82	-0,75	1,49°	0,34	0,71
50 % RTV							
BL-SP	-7,58	7,09	-7,66	10,26	2,78°	1,9	7,42
BL-MP	-6,18	5,9	-6,42	8,57	2,37°	1,59	5,9
BL-UV	-6,7	4,36	-4,6	6,21	1,96°	1,28	5,95
BL-VDS	-2,35	1,52	-1,24	1,85	1,06°	0,65	2,03
BL-VDM	-1,17	0,64	-0,51	0,77	0,47°	0,29	0,98
BL-OSL	-0,99	-0,01	0,92	-0,79	0,79°	0,47	0,97
BL-OML	-0,47	-0,02	0,91	-0,79	0,76°	0,45	0,66
80 % RTV							
BL-SP	-4,57	7,34	-5,53	8,86	1,92°	2,45	4,64
BL-MP	-1,09	1,99	-1,07	2,05	0,78°	0,95	1,2
BL-UV	-5,1	5,3	-3,76	6,2	1,55°	1,93	4,79
BL-VDS	-1,93	2,96	-2,14	3,49	0,88°	1,08	1,98
BL-VDM	0,27	-0,22	0,08	-0,2	-0,11°	0,13	0,26
BL-OSL	-0,35	0,08	0,7	-0,51	0,4°	0,48	0,47
BL-OML	1,23	-1,58	2,17	-2,68	0,02°	0,02	1,32
100 % RTV							
BL-SP	-1,71	3,44	-1,92	3,75	0,66°	1,21	1,45
BL-MP	6,06	-12,8	8,68	-15	-2,3°	3,83	5,48
BL-UV	-1,94	0,76	0,2	0,37	0,38°	0,69	1,4
BL-VDS	-2,07	4,01	-2,3	4,42	0,74°	1,36	1,73
BL-VDM	4,27	-9,64	6,1	-10,9	-1,84°	3,12	3,91
BL-OSL	-1,24	0,71	0,18	0,35	0,36°	0,64	0,92
BL-OML	0,73	-2,81	2,21	-3,53	-0,33°	0,58	0,84



**Slika 3.61.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Purple na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.53. Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP PANTONE Purple**

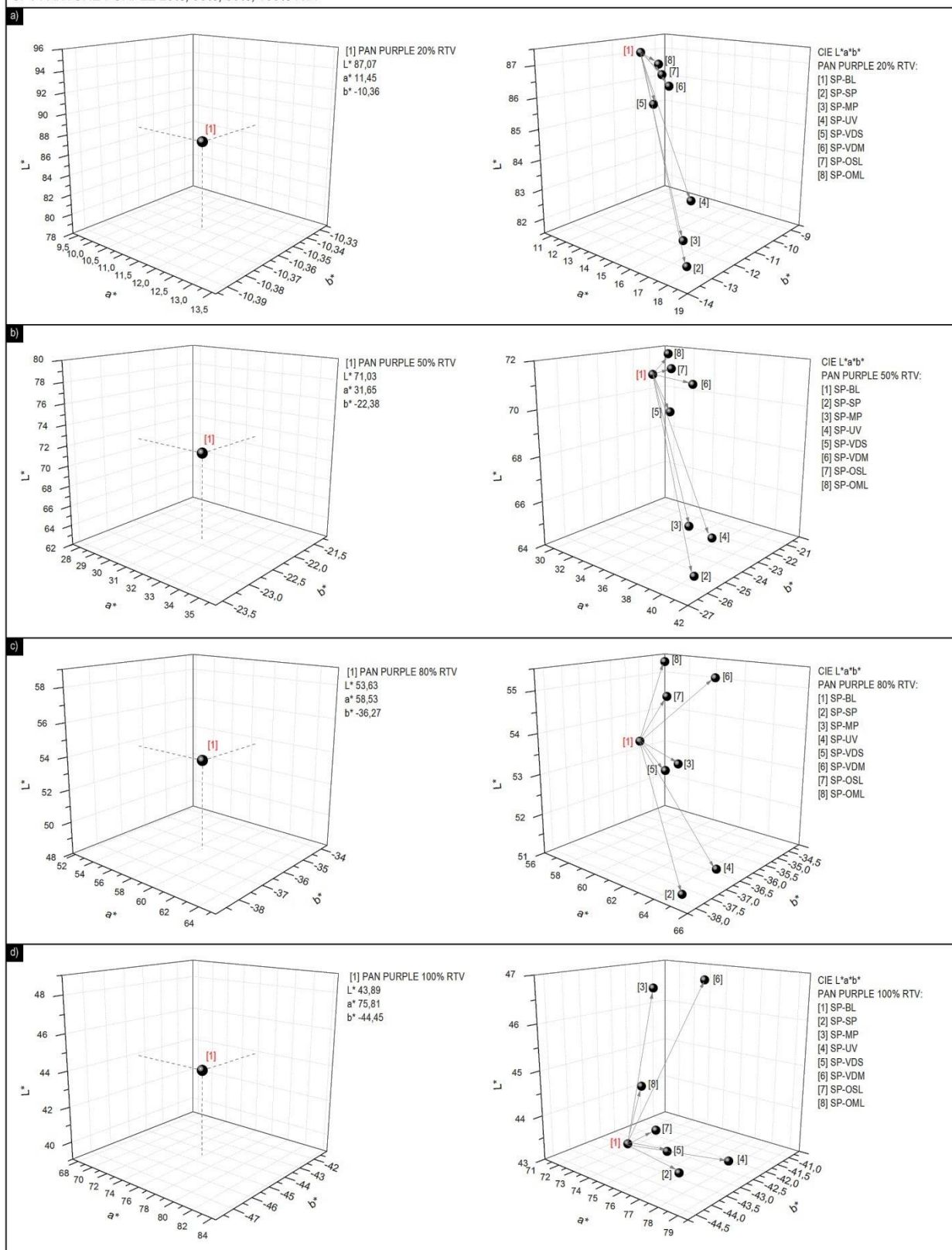
NP PANTONE Purple	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,2	4,57	-2,39	4,9	4,06°	1,6	4,06
BL-MP	-2,81	3,82	-2,13	4,18	3,28°	1,28	3,12
BL-UV	-7,6	16,28	-7,53	17,17	10,78°	5,18	9,9
BL-VDS	-0,86	0,83	-0,73	1,1	0,33°	0,12	0,84
BL-VDM	-0,72	1,03	-0,36	0,96	1,41°	0,51	0,86
BL-OSL	-1,32	0,82	0,3	0,34	2,25°	0,8	1,13
BL-OML	-1,01	0,76	-0,04	0,55	1,48°	0,53	0,87
50 % RTV							
BL-SP	-5,08	5,46	-2,78	6,02	1,53°	1,12	4,48
BL-MP	-3,28	4,37	-2,58	5,03	0,89°	0,65	3,08
BL-UV	-7,34	16,13	-7,03	17,19	4,58°	3,74	8,17
BL-VDS	-1	1,07	-1,93	2,05	-1,19°	0,83	1,18
BL-VDM	-1,08	2,36	-0,56	2,21	1,42°	1	1,28
BL-OSL	-1,89	1,54	-0,16	1,32	1,18°	0,82	1,58
BL-OML	-1,36	1,23	-0,39	1,21	0,65°	0,45	1,15
80 % RTV							
BL-SP	-4,7	4,29	-1,67	4,5	0,94°	0,97	4,4
BL-MP	-2,3	1,7	-0,67	1,79	0,38°	0,39	2,09
BL-UV	-4,42	10,16	-4,05	10,73	1,96°	2,12	4,95
BL-VDS	-0,67	0,59	-0,99	1,04	-0,49°	0,49	0,7
BL-VDM	-0,98	3,31	-0,89	3,25	1,06°	1,08	1,34
BL-OSL	-1,17	0,84	-0,26	0,84	0,25°	0,25	1,05
BL-OML	-0,94	1,19	-0,97	1,53	-0,14°	0,14	0,93
100 % RTV							
BL-SP	-4,91	4,2	-1,26	4,22	1,05°	1,2	4,85
BL-MP	-3,28	1,25	-0,08	1,09	0,55°	0,61	3,13
BL-UV	-3,64	8,54	-2,79	8,72	1,85°	2,18	4,18
BL-VDS	-1,61	1,6	0,04	1,32	0,8°	0,9	1,6
BL-VDM	-1,7	4,14	-1,25	4,16	1,03°	1,18	1,98
BL-OSL	-2,01	1,52	-0,39	1,49	0,44°	0,5	1,94
BL-OML	-0,65	0,71	-0,62	0,93	-0,12°	0,13	0,65



**Slika 3.62.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Purple na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV

**Tablica 3.54.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - MP PANTONE Purple

MP PANTONE Purple	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-4,4	6,14	-3,13	6,7	5,78°	1,62	5,59
BL-MP	-4,06	5,97	-3,29	6,66	5,11°	1,43	5,4
BL-UV	-3,93	4,42	-1,42	4,29	6,73°	1,77	4,38
BL-VDS	-1,6	1,1	-0,3	1,01	2,22°	0,52	1,4
BL-VDM	-1,05	1,43	0,14	0,98	4,46°	1,05	1,47
BL-OSL	-0,65	-0,16	1,13	-0,88	3,32°	0,73	0,89
BL-OML	-0,23	0,05	0,61	-0,38	2,15°	0,48	0,48
50 % RTV							
BL-SP	-5,33	9,56	-4,65	10,49	2,54°	1,72	5,6
BL-MP	-4,75	8,82	-4,37	9,72	2,3°	1,55	5,09
BL-UV	-5,06	8,91	-3,19	9,14	3,66°	2,45	5,25
BL-VDS	-1,12	1,8	-0,43	1,71	1,17°	0,71	1,15
BL-VDM	-0,26	2,71	0,48	1,94	3,2°	1,95	1,44
BL-OSL	1,14	-1,08	1,48	-1,75	0,97°	0,56	1,14
BL-OML	1,49	-0,99	1,24	-1,53	0,72°	0,41	1,27
80 % RTV							
BL-SP	-2,72	6,5	-2,32	6,74	1,28°	1,49	3,09
BL-MP	-1,16	3,71	-0,86	3,6	1,1°	1,25	1,51
BL-UV	-2,77	7,23	-1,34	6,86	2,28°	2,65	3,29
BL-VDS	0,03	1,36	0,11	1,09	0,74°	0,82	0,47
BL-VDM	1,52	2,07	1,93	0,75	2,46°	2,73	1,86
BL-OSL	2,97	-2,94	2,14	-3,63	0,2°	0,21	2,8
BL-OML	3,23	-2,91	2,11	-3,59	0,19°	0,2	3,01
100 % RTV							
BL-SP	-1,53	2,75	0,65	2,08	1,23°	1,92	1,61
BL-MP	1,87	-4,02	3,88	-5,41	0,93°	1,39	2,14
BL-UV	-0,84	3,11	1,6	1,94	1,87°	2,91	1,37
BL-VDS	0,13	1,78	0,15	1,47	0,65°	1,01	0,49
BL-VDM	2,51	-1,15	3,93	-2,92	1,9°	2,87	2,66
BL-OSL	2,72	-1,81	1,01	-2,07	-0,02°	0,03	2,59
BL-OML	2,95	-2,15	1,1	-2,41	-0,08°	0,13	2,82

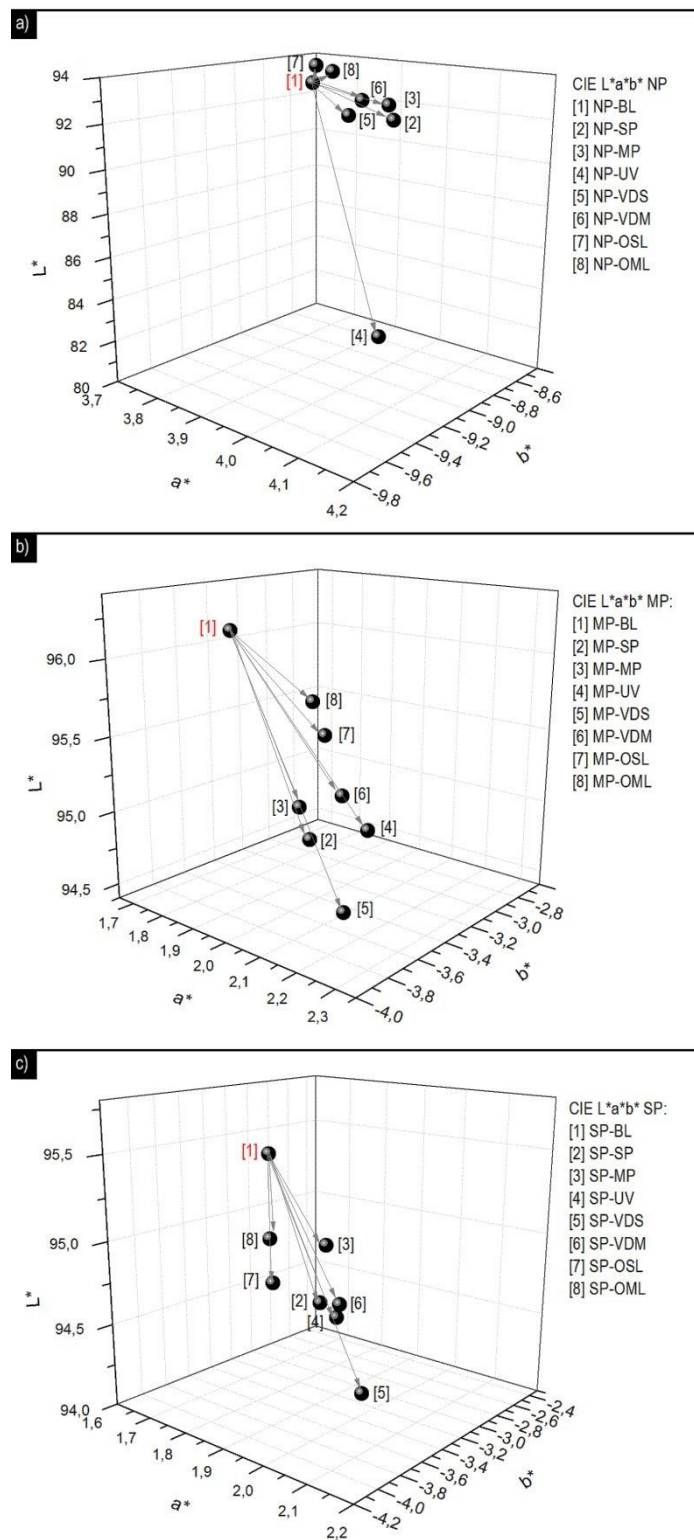


**Slika 3.63.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti PANTONE Purple na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV



**Tablica 3.55. Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - SP PANTONE Purple**

SP PANTONE Purple	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
20 % RTV							
BL-SP	-5,14	6,9	-3,15	7,35	5,78°	1,89	5,91
BL-MP	-4,48	6,56	-3,03	7	5,51°	1,79	5,49
BL-UV	-4,2	4,76	-1,25	4,5	6,53°	2	4,45
BL-VDS	-1,69	1,01	-0,14	0,85	2,02°	0,56	1,37
BL-VDM	-1,12	1,32	0,37	0,77	4,1°	1,13	1,39
BL-OSL	-0,96	-0,26	1,2	-0,98	2,84°	0,74	1,01
BL-OML	-0,55	-0,26	1,03	-0,87	2,32°	0,61	0,77
50 % RTV							
BL-SP	-6,47	9,48	-3,71	9,94	2,88°	2,18	6,25
BL-MP	-4,78	8,48	-3,33	8,9	2,62°	1,96	4,94
BL-UV	-5,41	9,23	-2,59	9,14	3,85°	2,89	5,51
BL-VDS	-1,5	2,08	-0,26	1,86	1,39°	0,97	1,45
BL-VDM	-0,4	2,61	0,79	1,73	3,05°	2,11	1,41
BL-OSL	0,04	-0,67	1,56	-1,44	1,36°	0,9	0,76
BL-OML	0,73	-1,01	1,56	-1,72	1,07°	0,71	0,95
80 % RTV							
BL-SP	-2,59	5,98	-1,52	5,91	1,41°	1,77	3
BL-MP	-0,41	2,46	0,14	2,03	1,14°	1,39	0,87
BL-UV	-2,38	6,18	-0,49	5,57	2,17°	2,72	2,92
BL-VDS	-0,52	2,21	-0,18	1,98	0,81°	0,99	0,81
BL-VDM	1,41	1,63	1,96	0,4	2,08°	2,52	1,74
BL-OSL	0,86	-1,08	1,49	-1,7	0,6°	0,71	0,98
BL-OML	1,71	-2,04	1,88	-2,72	0,46°	0,54	1,78
100 % RTV							
BL-SP	-0,52	1,9	0,52	1,39	0,9°	1,4	0,76
BL-MP	2,54	-4,03	3,05	-5,02	0,41°	0,61	2,64
BL-UV	-0,56	2,67	1,74	1,47	1,83°	2,83	1,2
BL-VDS	0,06	1,94	0,12	1,62	0,69°	1,07	0,52
BL-VDM	2,8	-1,48	3,5	-3,02	1,53°	2,31	2,87
BL-OSL	0,18	0,53	0,58	0,17	0,5°	0,77	0,33
BL-OML	0,89	-0,86	0,89	-1,19	0,22°	0,34	0,88



*Slika 3.64. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti tiskovne podloge NP, MP, SP bez boje*

*a) NP, b) MP, c) SP*



**Tablica 3.56.** Rezultati  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E_{00}^*$  - NP, MP, SP bez boje

NP	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta h$	$\Delta H^*$	$\Delta E_{00}^*$
BL-SP	-1,37	0,12	0,12	-0,06	0,9°	0,16	0,86
BL-MP	-0,57	0,14	0,01	0,05	0,75°	0,13	0,39
BL-UV	-12,16	0,04	0,34	-0,3	1°	0,17	7,78
BL-VDS	-0,38	0,18	-0,38	0,42	0,09°	0,02	0,38
BL-VDM	-0,31	0,12	-0,09	0,13	0,42°	0,07	0,24
BL-OSL	-0,31	-0,21	0,7	-0,73	0,5°	0,09	0,56
BL-OML	-0,26	-0,12	0,53	-0,53	0,59°	0,1	0,42
MP							
BL-SP	-1,38	0,05	0,36	-0,29	2,94°	0,22	0,89
BL-MP	-1,05	0,11	0,16	-0,09	2,3°	0,17	0,66
BL-UV	-1,68	-0,06	1,06	-0,94	7,23°	0,48	1,37
BL-VDS	-1,48	0,3	-0,01	0,15	3,35°	0,26	0,97
BL-VDM	-1,08	0,11	0,44	-0,33	4,26°	0,31	0,77
BL-OSL	-1,07	-0,24	1,14	-1,11	5,38°	0,35	1,21
BL-OML	-0,63	-0,09	0,7	-0,66	3,69°	0,26	0,72
SP							
BL-SP	-1,01	-0,09	0,74	-0,7	3,65°	0,26	0,88
BL-MP	-0,57	-0,01	0,5	-0,45	2,96°	0,22	0,55
BL-UV	-1,44	-0,27	1,59	-1,51	8,7°	0,56	1,66
BL-VDS	-1,23	0,14	0,24	-0,15	3,03°	0,24	0,8
BL-VDM	-0,86	0,04	0,43	-0,36	3,1°	0,23	0,64
BL-OSL	-1,08	-0,3	1,02	-1,04	2,93°	0,2	1,14
BL-OML	-0,72	-0,25	0,83	-0,85	2,18°	0,15	0,87

## 3.7. Diskusija rezultata istraživanja

### 3.7.1. Glatkost uzoraka

Mjerenje glatkosti uzoraka provedeno je BEKK metodom. Tijekom mjerenja nije bilo moguće izmjeriti uzorke SP-SP, SP-UV, MP-SP i MP-UV. Svi drugi uzorci su izmjereni te su rezultati pokazali međuovisnost različitih vrsta lakiranja i tiskovnih podloga s parametrom hrapavosti, osobito na premaznim tiskovnim podlogama. Prema slici 3.26. koja se odnosi na mjerenje na nepremaznoj tiskovnoj podlozi, vidljivo je da je sjajna plastifikacija uzrokovala najveće povećanje glatkosti površine (uzorak NP-SP). Sljedeća najveća glatkost ostvarena je mat plastifikacijom (NP-MP) te nakon toga UV sjajnim lakiranjem (NP-UV). Ipak, razlike između NP-UV, NP-VDS, NP-VDM, NP-OSL, NP-OML i NP-BL uzoraka su neznatne te se vrijednost glatkosti na tim uzorcima kreće oko 17 BEKK sekundi. Vidljivo je da na nepremaznoj tiskovnoj podlozi različite vrste lakiranja, za razliku od sjajnog i mat termalnog laminacijskog postupka, nisu uzrokovale veće promjene u hrapavosti površine. Objašnjivo je to velikom inicijalnom hrapavošću nepremazne tiskovne podloge. Kod mat premaznih tiskovnih podloga, BEKK metodom nije bilo moguće izmjeriti uzorke MP-SP i MP-UV. Od preostalih izmjerenih uzoraka, najveća je glatkost izmjerena na uzorku MP-VDS (944,42 BEKK sekunde) te potom na uzorku MP-MP. Prema slici 3.27., sljedeća je najveća glatkost izmjerena na uzorku MP-OSL, zatim MP-VDM i MP-BL, a najmanja glatkost je izmjerena na uzorku MP-OML (121,54 BEKK sekundi). Primjetno je da su uzorci MP-SP i MP-UV uzorci s najvećom glatkosti površine, ali BEKK metodom iste nije bilo moguće izmjeriti. Postupci sjajnog lakiranja, posebice vododisperzivnim lakom, što je vidljivo mjerenjima na uzorcima MP-VDS i MP-OSL značajno su povećali glatkost mat premazne tiskovne površine. Lakiranje mat lakom na bazi ulja, MP-OML smanjilo je glatkost tiskovne površine u odnosu na uzorak bez lakova MP-BL. Sjajno premazne tiskovne podloge su pod utjecajem različitih vrsta lakiranja i laminacijskih postupaka reagirale slično kao i mat premazne tiskovne podloge. Vidljivo je to na slici 3.28. gdje je najveća glatkost postignuta na uzorcima SP-MP (1139,12 BEKK sekundi) i SP-VDS (794,26 BEKK sekundi). Uzorke SP-SP i SP-UV koji imaju najveću glatkost nije bilo moguće izmjeriti BEKK metodom. Uzorak SP-OSL također pokazuje veću vrijednost glatkosti od uzorka bez lakova. Vododisperzivni mat lak te mat lak na bazi ulja uzrokovali su smanjenje glatkosti sjajno premazne tiskovne površine pa uzorci SP-VDM (221,95 BEKK sekundi) i SP-OML (188,32 BEKK sekundi) imaju manju izmjerenu

glatkost površine u odnosu na uzorak SP-BL (487,68 BEKK sekundi). Ukupno gledano, prema slici 3.30., uspoređujući postignutu glatkost s obzirom na uzorke svih tiskovnih podloga te na nemogućnost mjerenja uzoraka s UV sjajnim lakom na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama, najveća glatkost nakon uzoraka s laminacijskim postupcima, postignuta je vododisperzivnim sjajnim lakom te potom sjajnim lakom na bazi ulja. Vododisperzivni mat lak i lak na bazi ulja na mat i sjajnim tiskovnim podlogama uzrokovali su smanjenje glatкости površine u odnosu na uzorke bez lakiranja.

### 3.7.2. Sjajnost uzoraka

Sjajnost površine mjerimo količinom reflektirane svjetlosti koja je na površinu usmjerena pod nekim kutom. Omjer reflektirane zrake u odnosu na upadnu zraku svjetlosti za pojedini uzorak, uspoređeno sa standardiziranim uzorkom, označavamo kao jedinicu sjajnosti (*gloss unit* – GU). Uređaj kojim je provedeno mjerenje sjajnosti otisnutih uzoraka, omogućava istovremeno mjerenje sjajnosti površine s obzirom na tri kuta promatranja 20°, 60° i 85°. Mjereno s kutom od 60°, visoka sjajnost odnosi se na uzorke gdje je > 70 GU, srednja sjajnost odnosi se na uzorke gdje je 10 – 70 GU, a mala sjajnost odnosi se na promatrane uzorke gdje je < 10 GU. U situacijama gdje je > 70 GU, kut promatranja je potrebno promijeniti na 20°, a gdje je < 10 GU, kut promatranja treba biti 85°. Mjerenje provedeno na nepremaznoj tiskovnoj podlozi pokazalo je da je u odnosu na uzorak NP-BL, najveća sjajnost postignuta na sjajno plastificiranom uzorku NP-SP (74,32 GU pri 60°). Različiti načini lakiranja nisu uvelike utjecali na promjenu sjajnosti uzorka. Tek kod NP-UV uzorka primjetno je minimalno povećanje sjajnosti u odnosu na NP-BL. Međutim, i kod NP-UV i kod svih drugih uzoraka bilo vododisperzivno lakiranih ili lakiranih lakom na bazi ulja, promatrano pri kutovima od 20°, 60° i 85°, izmjerena je sjajnost < 5 GU (Slika 3.31.). Inicijalno velika hrapavost površine nepremazne tiskovne podloge nije značajno promijenjena nanošenjem lakova pa je time i sjajnost površine neznatno promijenjena u odnosu na uzorak bez lakova. Rezultati mjerenja sjajnosti mat premazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije prikazani su slikom 3.32. Na uzorcima MP-UV i MP-SP pri kutu mjerenja 60° izmjerena je najveća sjajnost: 86 GU i 79,48 GU. MP-VDS i MP-OSL imaju značajno povećanu sjajnost u odnosu na uzorak MP-BL, a s vododisperzivnim mat lakom i mat lakom na bazi ulja smanjena je sjajnost površine u odnosu na uzorak bez lakova. Najmanja je sjajnost izmjerena na uzorku MP-MP i iznosi 5,36 GU mjereno pri 60°. Na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi različiti načini lakiranja značajno utječu na promjenu sjajnosti tiskovne podloge. Slično kao

kod mat premaznih tiskovnih podloga, na sjajno premaznim tiskovnim podlogama različite vrste lakiranja i plastificiranja uzrokuju istovjetne promjene. Najveća sjajnost izmjerena je na uzorku SP-UV, 87,58 GU mjereno pri 60°, a potom na uzorku SP-SP, 85,84 GU mjereno pri 60°. Na uzorku sa sjajnim vododisperzivnim lakom SP-VDS te uzorku sa sjajnim lakom na bazi ulja SP-OSL izmjerena je značajno veća sjajnost u odnosu na uzorak bez laka SP-BL. Vododisperzivnim mat lakom i mat lakom na bazi ulja smanjena je sjajnost SP-BL uzorka. Najmanja je sjajnost izmjerena na SP-MP uzorku i iznosi 5,38 GU mjereno pri 60°. Na svim mjerenim uzorcima UV sjajno lakiranje, a potom vododisperzivno sjajno lakiranje uzrokovalo je najveći porast sjajnosti. S obzirom na sve navedene rezultate, mjerenjem je pokazana međuovisnost hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge, kako je i prikazano slikom 2.28.

### **3.7.3. Mikroskopsko promatranje**

Mikroskopsko promatranje uzoraka provelo se pri povećanjima od 200x i 400x. Prema slici 3.36., promatran je uzorak PANTONE Rubine Red RTV 40 %, i to na mat premaznoj tiskovnoj podlozi bez lakova i mat premaznoj tiskovnoj podlozi s mat plastifikacijom, MP-MP te mat premaznoj tiskovnoj podlozi s UV lakom, MP-UV. Pri navedenim povećanjima, mikroskopskim promatranjem nisu uočene razlike među uzorcima, kako na spomenutom uzorku, tako ni na drugim uzorcima tiskovnih podloga i otisnutih PMS boja.

### **3.7.4. Denzitometrijsko mjerenje**

Intenzitet nanosa bojila, gustoća obojenja  $D_i$ , važan je parametar prilikom kontrole tiska. Kontrola intenziteta nanosa boja PMS sustava tijekom tiska inicijalno se odvija usporedbom s referentnom PMS skalom boja u nepremaznoj i premaznoj inačici. Usprkos jako pigmentiranim bojilima, najčešće je potrebno održavati jači nanos bojila kako bi pojedine boje PMS sustava imale jednak intenzitet kao i boje otisnute u referentnoj skali. Mjerenje je provedeno s obzirom na optimalni filter. Na nepremaznoj tiskovnoj podlozi (Slika 3.37.) za većinu boja  $D_i < 1,1$ , osim za PANTONE Orange 021 i PANTONE Reflex Blue gdje je  $D_i > 1,5$ . Na mat premaznoj tiskovnoj podlozi za sve otisnute boje izmjeren je  $D_i > 1,25$ , a za PANTONE Orange 021 i PANTONE Reflex Blue  $D_i > 1,75$  (Slika 3.38.). Na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi najveći  $D_i$ ,  $D_i > 2,0$  također je izmjeren na bojama PANTONE Orange 021 i PANTONE Reflex Blue.

### 3.7.5. Spektrofotometrijsko mjerenje

Spektrofotometrijsko mjerenje provedeno je na svim uzorcima i na svim poljima mjernog klina odabranih RTV vrijednosti. Sa ciljem utvrđivanja promjena CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti koje su različiti laminacijski i različiti postupci lakiranja uzrokovali na pojedinim uzorcima, nakon vizualnog predočavanja promjena putem 3D grafova, pristupljeno je i tabličnom izračunu te su ukupni rezultati prikazani za sve otisnute uzorke. Razlika među uzorcima mjerena je formulom CIE  $\Delta E_{2000}$ ,  $\Delta E_{00}^*$ . Potrebno je uzeti u obzir da se sva odstupanja u kojima je  $\Delta E_{00}^* > 2$  tretiraju kao odstupanja koja su vidljiva prosječnom promatraču te kao takva utječu i/ili mogu utjecati na kvalitetu i dojam završenog grafičkog proizvoda.

Ukupni proces mjerenja proveden je tako da su za svaku otisnutu boju PMS sustava izmjerene CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti na RTV poljima mjernog klina 20 %, 50 %, 80 % i 100 %, s obzirom na tri različite tiskovne podloge NP, MP i SP te s obzirom na mat i sjajne laminacijske postupke i različite vrste lakiranja.

#### 3.7.5.1. PANTONE Rubine Red – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, što je vidljivo na slici 3.40. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-UV  $\Delta E_{00}^* > 3$ , dok je za BL-MP  $\Delta E_{00}^* = 2,95$  (Tablica 3.32.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV i NP-OSL, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su također na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u situacijama BL-SP, BL-MP, BL-UV i BL-VDS (Slika 3.40. d) – točke 2, 3, 4 i 5). Pri 20 % na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.41. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP  $\Delta E_{00}^* > 5$ , dok je za BL-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,93$  (Tablica 3.33.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP, MP-UV i MP-VDS, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u

odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.41. d) – točke 3 i 6). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.42. a) u točkama 2, 3, 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV) vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno za SP-SP i SP-MP  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-UV,  $\Delta E_{00}^* = 4,73$ . Pri 50 % RTV, u situacijama BL-SP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a kod BL-MP  $\Delta E_{00}^* = 4,5$ . Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-SP, BL-MP, BL-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.42. d – točke 3 i 6).

Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Rubine Red, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %) u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 % i 80 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Kod 100 % RTV osim plastifikacije na promjenu boje utječe i mat i sjajni vododisperzivni lak: na mat premaznoj tiskovnoj podlozi BL-VDM  $\Delta E_{00}^* = 3,03$ , na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi BL-VDM  $\Delta E_{00}^* = 3,15$ , a na nepremaznoj tiskovnoj podlozi BL-VDS  $\Delta E_{00}^* = 2,05$ . Na premaznim tiskovnim podlogama pri 100 % RTV, UV sjajno lakiranje i mat i sjajno lakiranje lakovima na bazi ulja nije uzrokovalo značajniju promjenu ( $\Delta E_{00}^* < 2$ ).

### **3.7.5.2. PANTONE Warm Red – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV, što je vidljivo na slici 3.43. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE L\*a\*b\* sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$  (Tablica 3.35.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$ , što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP i NP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u situacijama BL-SP, BL-MP i BL-UV (Slika 3.43. d) – točke 2, 3, 4). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.44. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE

L\*a\*b\* sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP  $\Delta E_{00}^* > 5$ , dok je za BL-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,45$  (Tablica 3.36.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je samo u situaciji BL-MP (Slika 3.44. d) – točka 3). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.45. a)) u točkama 2, 3, 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV), vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno, za SP-SP i SP-MP  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,4$ . Pri 50 % RTV, u situaciji BL-SP  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a kod BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 4$ . Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-SP i BL-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je samo u situaciji BL-MP (Slika 3.45. d) – točka 3).

Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Warm Red, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %) u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama promjena  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena je jedino pod utjecajem mat plastifikacije te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,33$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-MP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,27$ . Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV, osim mat i sjajne plastifikacije, postupak UV lakiranja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* = 2,33$ . Ukupno promatrano, osim UV sjajnog laka ni jedna druga vrsta lakiranja na sve tri tiskovne podloge nije uzrokovala značajniju promjenu gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

### **3.7.5.3. PANTONE Orange 021 – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV i NP-OSL, što je vidljivo na slici 3.46. a), u točkama 2, 3, 4 i 7 CIE L\*a\*b\* sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ , dok je za BL-OSL  $\Delta E_{00}^* = 2,15$  (Tablica 3.38.). Za ostale uzorke je  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na

uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su također na uzorcima NP-SP i NP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u situacijama BL-SP i BL-UV (Slika 3.46. d) – točke 2 i 4). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.47. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 5$  (Tablica 3.39.) Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-MP i MP-VDM. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.47. d) – točke 3 i 6). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.48. a)) u točkama 2, 3, 4 i 5 (SP-SP, SP-MP, SP-UV i SP-VDS), vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno, za SP-SP, SP-MP i SP-UV,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-VDS  $\Delta E_{00}^* = 2,13$ . Pri 50 % RTV, u situacijama BL-SP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-MP i BL-VDM. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.48. d) – točke 3 i 6). Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Orange 021, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je, pri niskim RTV vrijednostima (20 %) u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . To je osobito vidljivo na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama. U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Pri 80 % RTV, vododisperzivni mat lak uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 2$  na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama. Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama promjena  $\Delta E_{00}^* > 3$  uočena je jedino pod utjecajem mat plastifikacije i vododisperzivnog mat laka te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 4,69$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-MP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 4,93$ . Za MP tiskovnu podlogu u situaciji BL-VDM značajna je promjena i iznosi  $\Delta E_{00}^* = 3,45$ , a za SP tiskovnu podlogu, također u situaciji BL-VDM,  $\Delta E_{00}^* = 3,68$ . Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV, osim sjajne plastifikacije, postupak UV lakiranja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 2$  te iznosi u situaciji BL-UV,  $\Delta E_{00}^* = 3,49$ . Ukupno promatrano, osim UV sjajnog laka, značajniju



promjenu gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama uzrokovao je i vododisperzivni mat lak.

#### **3.7.5.4. PANTONE Yellow – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Mjereno na 20 %, RTV na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV i NP-OSL, što je vidljivo na slici 3.49. a), u točkama 2, 3, 4 i 7 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 3$ , a za BL-UV i BL-OSL,  $\Delta E_{00}^* > 2$  (Tablica 3.41.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su jedino na uzorku NP-SP. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanje  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je također jedino u situaciji BL-SP (Slika 3.49. d) – točka 2). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.50. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , dok je za BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 4$  (Tablica 3.42.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL nisu izmjerene ni na jednom uzorku. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  također nisu uočena ni na jednom uzorku (Slika 3.50. c) i d)). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.51. a)) u točkama 2, 3, 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV), vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 4$ . Konkretno, za SP-SP i SP-MP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,8$ . Pri 50 % RTV, u situaciji BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Kod 80 % i 100 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  nije izmjeren ni u jednoj situaciji (Tablica 3.43.). Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Yellow, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %) u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$  na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama, dok je na nepremaznim tiskovnim

podlogama  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Kod 80 % i 100 % RTV na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  nisu uočene ni u jednoj situaciji. Na NP tiskovnoj podlozi pri 80 % i 100 % RTV, jedino je postupak sjajne plastifikacije uzrokovao  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Ukupno promatrano, možemo reći da je, osim plastifikacije, jedino UV sjajni lak na sve tri tiskovne podloge uzrokovao značajniju promjenu gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ , i to pri 20 % i 50 % RTV.

### **3.7.5.5. PANTONE Green – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV, što je vidljivo na slici 3.52. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE L\*a\*b\* sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$  (Tablica 3.44.). Za ostale je uzorke,  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su također na NP-SP i NP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanje  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je jedino u situaciji BL-SP, gdje je  $\Delta E_{00}^* = 3,08$  (Slika 3.52. d) – točka 2).

Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.53. a), u točkama 2 i 4 CIE L\*a\*b\* sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP  $\Delta E_{00}^* > 6$ , dok za BL-UV  $\Delta E_{00}^* = 5,13$  (Tablica 3.45.) Za ostale uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL, izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanje  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je jedino u situaciji BL-MP (Slika 3.53. d) – točka 3). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.54. a)) u točkama 2, 3, 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV) vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 4$ . Konkretno, za SP-SP i SP-MP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,25$ . Pri 50 % RTV, u situacijama BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ , a kod BL-SP,  $\Delta E_{00}^* = 4,11$ . Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  nije izmjeren ni na jednom uzorku. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanje  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je jedino u situaciji BL-MP i ono iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,07$  (Slika 3.54. d) – točka 3).

Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Green, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %), u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Iznimku u navedenome predstavlja mat premazna tiskovna podloga u kombinaciji s mat plastifikacijom. U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Pri 80 % RTV, veće odstupanje izmjereno je jedino u BL-SP i BL-UV situacijama na nepremaznim i mat premaznim tiskovnim podlogama. Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama promjena  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena je jedino pod utjecajem mat plastifikacije te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,18$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-MP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,07$ . Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV, jedino je postupak sjajne plastifikacije uzrokovao  $\Delta E_{00}^* > 2$  te iznosi u situaciji BL-SP,  $\Delta E_{00}^* = 3,08$ . Ukupno promatrano, osim UV sjajnog laka, značajniju promjenu gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  na nepremaznim, mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama nije uzrokovao ni jedan drugi postupak lakiranja.

### **3.7.5.6. PANTONE Reflex Blue – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV i NP-OSL, što je vidljivo na slici 3.55. a), u točkama 2, 3, 4 i 7 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 4$ , za BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 3$ , dok za BL-OSL  $\Delta E_{00}^* = 2,45$  (Tablica 3.47.). Za ostale uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na svim uzorcima osim BL-VDM, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na svim uzorcima osim BL-MP i BL-OSL. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u situacijama BL-SP, BL-UV, BL-VDS i BL-VDM (Slika 3.55. d) – točke 2, 4, 5 i 6). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.56. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , dok za BL-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,27$  (Tablica 3.48.) Za ostale uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što

predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-VDM te MP-OML. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.56. d) – točke 3 i 6). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.57. a)) u točkama 2, 3 i 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV), vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno za SP-SP, SP-MP i SP-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Pri 50 % RTV, u situacijama BL-SP, BL-MP, BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 3$ , a za BL-VDS,  $\Delta E_{00}^* = 2,56$  (Tablica 3.49.). Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-SP i BL-MP. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP ( $\Delta E_{00}^* = 5,65$ ) i BL-VDM ( $\Delta E_{00}^* = 4,36$ ), Slika 3.57. d) – točke 3 i 6). Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Reflex Blue možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %), u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . To je osobito vidljivo na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama. Na nepremaznoj tiskovnoj podlozi sjajni lak na bazi ulja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 4$ . Međutim, na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi primjetan je i utjecaj sjajnog vododisperzivnog laka,  $\Delta E_{00}^* = 2,56$ , a na nepremaznoj tiskovnoj podlozi i vododisperzivni sjajni, ali i sjajni i mat lak na bazi ulja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Pri 80 % RTV, vododisperzivni mat lak i mat lak na bazi ulja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 2$  na mat premaznoj tiskovnoj podlozi, a na nepremaznoj tiskovnoj podlozi, osim sjajne plastifikacije i UV lakiranja,  $\Delta E_{00}^* > 2$  uzrokovali su i vododisperzivni sjajni i mat lak te mat lak na bazi ulja. Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama, promjena  $\Delta E_{00}^* > 3$  uočena je jedino pod utjecajem mat plastifikacije i vododisperzivnog mat laka te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 6,01$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-MP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 5,65$ . Za MP tiskovnu podlogu u situaciji BL-VDM značajna je promjena i iznosi  $\Delta E_{00}^* = 4,56$ , a za SP tiskovnu podlogu također u situaciji BL-VDM,  $\Delta E_{00}^* = 4,36$ . Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV, osim sjajne plastifikacije, postupak UV lakiranja uzrokovao je  $\Delta E_{00}^* > 7$  te iznosi u situaciji BL-UV,  $\Delta E_{00}^* = 7,3$ . Vododisperzivni mat i sjajni lak uzrokovali su  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Ukupno promatrano, na nepremaznoj tiskovnoj podlozi gotovo su sve vrste lakiranja u određenim situacijama uzrokovale  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama, osim mat i sjajne plastifikacije te UV lakiranja, primjetan je i utjecaj

vododisperzivnog mat i sjajnog laka, ali u nekim situacijama i mat laka na bazi ulja (BL-OML, pri 80 % RTV).

### **3.7.5.7. PANTONE Violet – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, što je vidljivo na slici 3.58. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 4$ , dok za BL-MP,  $\Delta E_{00}^* = 3,08$  (Tablica 3.50.). Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, kao i pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na svim uzorcima. Pri tom je vidljivo da su najveća odstupanja prisutna prilikom sjajnog laminacijskog postupka i UV lakiranja te vododisperzivnog lakiranja u mat i sjajnoj inačici. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u svim situacijama osim u BL-OSL i BL-OML (Slika 3.58. d) – točke 7 i 8). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.59. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 4$ , dok za BL-UV,  $\Delta E_{00}^* = 3,94$  (Tablica 3.51.) Za ostale je uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP i MP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.59. d) – točke 3 i 6). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.60. a)) u točkama 2, 3 i 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV) vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno za SP-SP, SP-MP,  $\Delta E_{00}^* > 4$ , a za SP-UV,  $\Delta E_{00}^* = 3,45$ . Pri 50 % RTV, u situacijama BL-SP, BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za BL-VDS,  $\Delta E_{00}^* = 2,03$ . Kod 80 % RTV  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-SP i BL-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su samo u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.60. d) – točke 3 i 6). Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Violet, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %), u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . To je osobito vidljivo na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama. U

domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 5$ . Na nepremaznoj tiskovnoj podlozi,  $\Delta E_{00}^* > 3$  uočen je na svim uzorcima. Pri 80 % RTV, na mat i sjajnoj tiskovnoj podlozi  $\Delta E_{00}^* > 3$  izmjeren je prilikom sjajne plastifikacije i UV lakiranja, a kod nepremazne tiskovne podloge, značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$  izmjeren je na svim uzorcima. Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama, promjena  $\Delta E_{00}^* > 3$  uočena je jedino pod utjecajem mat plastifikacije i vododisperzivnog mat laka te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 5,21$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-MP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 5,48$ . Za MP tiskovnu podlogu u situaciji BL-VDM značajna je promjena i iznosi  $\Delta E_{00}^* = 3,4$ , a za SP tiskovnu podlogu također u situaciji BL-VDM,  $\Delta E_{00}^* = 3,91$ . Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  nije izmjeren jedino na uzorcima BL-OSL i BL-OML.

#### **3.7.5.8. PANTONE Purple – NP, MP, SP tiskovna podloga – RTV: 20 %, 50 %, 80 %, 100 %**

Pri 20 % RTV, na NP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP, NP-UV, što je vidljivo na slici 3.61. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1 koja predstavlja NP-BL uzorak. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 3$  (Tablica 3.53.), dok za BL-UV,  $\Delta E_{00}^* = 9,9$ . Za ostale uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su također na uzorcima NP-SP, NP-MP i NP-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  opet su uočena u situacijama BL-SP, BL-MP i BL-UV (Slika 3.61. d) – točke 2, 3, 4). Pri 20 % RTV, na MP tiskovnoj podlozi promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, što je i vidljivo na slici 3.62. a), u točkama 2, 3 i 4 CIE  $L^*a^*b^*$  sustava, kao točkama s najvećom udaljenošću od točke 1. Izračunom je utvrđeno da je za BL-SP i BL-MP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , dok za BL-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,38$  (Tablica 3.54.). Za ostale uzorke  $\Delta E_{00}^* < 2$  što predstavlja minimalno odstupanje. Pri 50 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-MP i MP-UV, a pri 80 % RTV, promjene gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$  u odnosu na uzorak BL izmjerene su na uzorcima MP-SP, MP-UV, MP-OSL i MP-OML. Mjerenjem na polju 100 %

RTV, odstupanja  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena su u situaciji BL-MP, BL-VDM, BL-OSL i BL-OML (Slika 3.62. d) – točke 3, 6, 7 i 8). Na SP tiskovnoj podlozi i 20 % RTV (Slika 3.63. a)) u točkama 2, 3, 4 (SP-SP, SP-MP i SP-UV) vidljivo je veće odstupanje gdje je  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Konkretno, za SP-SP i SP-MP,  $\Delta E_{00}^* > 5$ , a za SP-UV  $\Delta E_{00}^* = 4,45$ . Pri 50 % RTV, u situaciji BL-SP,  $\Delta E_{00}^* > 6$ , a kod BL-MP i BL-UV,  $\Delta E_{00}^* > 4$ . Kod 80 % RTV,  $\Delta E_{00}^* > 2$  vrijedi za BL-SP i BL-UV. Mjerenjem na polju 100 % RTV, odstupanje  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočeno je u situacijama BL-MP i BL-VDM (Slika 3.63. d) – točka 3 i 6). Promatrajući izmjerene spektrofotometrijske vrijednosti boje PANTONE Purple, možemo reći da je za sve 3 vrste tiskovne podloge zajedničko to da je pri niskim RTV vrijednostima (20 %), u kombinaciji s mat ili sjajnim laminacijskim postupkom te UV sjajnim lakiranjem, prisutan značajan  $\Delta E_{00}^* > 3$ . U domeni srednjih RTV vrijednosti (50 %), mat i sjajna plastifikacija te ponovno UV lakiranje uzrokuju  $\Delta E_{00}^* > 3$ . Kod 100 % RTV, na mat i sjajno premaznim tiskovnim podlogama promjena  $\Delta E_{00}^* > 2$  uočena je pod utjecajem mat plastifikacije te za MP podlogu u situaciji BL-MP ona iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,14$ , a za SP tiskovnu podlogu u situaciji BL-SP iznosi  $\Delta E_{00}^* = 2,64$ . Vododisperzivni mat lak na MP i SP tiskovnim podlogama također je utjecao na  $\Delta E_{00}^* > 2$ , ali je  $\Delta E_{00}^* > 2$  na MP tiskovnoj podlozi uzrokovao i mat i sjajni lak na bazi ulja. Na NP tiskovnoj podlozi pri 100 % RTV, osim mat i sjajne plastifikacije, postupak UV lakiranja uzrokovao je značajan  $\Delta E_{00}^* = 4,18$ . Ukupno promatrano, osim UV sjajnog laka, na  $\Delta E_{00}^* > 2$  utjecao je u pojedinim situacijama i vododisperzivni mat lak te mat i sjajni lak na bazi ulja.

### 3.8. Završna diskusija

Na nepremaznoj tiskovnoj podlozi s obzirom na sve mjerene RTV vrijednosti i sve promatrane boje PMS sustava, broj i udio uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^*$  prikazan je tablicom 3.57.

**Tablica 3.57.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na nepremaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	32	0	16	16	0 %	50 %	50 %
Mat plastifikacija	32	9	22	1	29 %	68 %	3 %
UV sjajni lak	32	3	15	14	9 %	47 %	44 %
VD sjajni lak	32	25	7	0	78 %	22 %	0 %
VD mat lak	32	27	5	0	84 %	16 %	0 %
Sjajni lak na bazi ulja	32	25	7	0	78 %	22 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	32	28	4	0	87 %	13 %	0 %

Na mat premaznoj tiskovnoj podlozi s obzirom na sve mjerene RTV vrijednosti i sve promatrane boje PMS sustava, broj i udio uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^*$  prikazan je tablicom 3.58.

**Tablica 3.58.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na mat premaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	32	10	7	15	31 %	22 %	47 %
Mat plastifikacija	32	10	6	16	31 %	19 %	50 %
UV sjajni lak	32	11	7	14	34 %	22 %	44 %
VD sjajni lak	32	31	1	0	97 %	3 %	0 %
VD mat lak	32	25	6	1	78 %	19 %	3 %
Sjajni lak na bazi ulja	32	30	2	0	94 %	6 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	32	29	3	0	91 %	9 %	0 %



Na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi s obzirom na sve mjerene RTV vrijednosti i sve promatrane boje PMS sustava, broj i udio uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^*$  prikazan je tablicom 3.59.

**Tablica 3.59.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	32	11	6	15	34 %	19 %	47 %
Mat plastifikacija	32	7	8	17	22 %	25 %	53 %
UV sjajni lak	32	12	8	12	37,5 %	25 %	37,5 %
VD sjajni lak	32	29	3	0	91 %	9 %	0 %
VD mat lak	32	26	5	1	81 %	16 %	3 %
Sjajni lak na bazi ulja	32	32	0	0	100 %	0 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	32	32	0	0	100 %	0 %	0 %

Promatrano na 100 % RTV na nepremaznoj tiskovnoj podlozi, broj uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  prikazan je tablicom 3.60.

**Tablica 3.60.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na nepremaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	8	0	4	4	0 %	50 %	50 %
Mat plastifikacija	8	4	4	0	50 %	50 %	0 %
UV sjajni lak	8	2	3	3	25 %	37,5 %	37,5 %
VD sjajni lak	8	5	3	0	62,5 %	37,5 %	0 %
VD mat lak	8	6	2	0	75 %	25 %	0 %
Sjajni lak na bazi ulja	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %

Promatrano na 100 % RTV na mat premaznoj tiskovnoj podlozi, broj uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  prikazan je tablicom 3.61.

**Tablica 3.61.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na mat premaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
Mat plastifikacija	8	1	4	3	12,5 %	50 %	37,5 %
UV sjajni lak	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
VD sjajni lak	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
VD mat lak	8	3	4	1	37,5 %	50 %	12,5 %
Sjajni lak na bazi ulja	8	7	1	0	87,5 %	12,5 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	8	7	1	0	87,5 %	12,5 %	0 %

Promatrano na 100 % RTV na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi, broj uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  prikazan je tablicom 3.62.

**Tablica 3.62.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi

Način lakiranja / plastifikacije	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
Sjajna plastifikacija	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
Mat plastifikacija	8	1	4	3	12,5 %	50 %	37,5 %
UV sjajni lak	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
VD sjajni lak	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
VD mat lak	8	3	4	1	37,5 %	50 %	12,5 %
Sjajni lak na bazi ulja	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %
Mat lak na bazi ulja	8	8	0	0	100 %	0 %	0 %

U tablici 3.63. prikazani su rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ , s obzirom na sve PMS boje, mjereno na nepremaznoj tiskovnoj podlozi.

**Tablica 3.63.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na nepremaznoj tiskovnoj podlozi

PANTONE® boja	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
PANTONE Rubine Red	28	14	9	5	50 %	32 %	18 %
PANTONE Warm Red	28	17	11	0	61 %	39 %	0 %
PANTONE Orange 021	28	17	10	1	61 %	36 %	3 %
PANTONE Yellow	28	19	9	0	68 %	32 %	0 %
PANTONE Green	28	19	9	0	68 %	32 %	0 %
PANTONE Reflex Blue	28	9	11	8	32 %	39 %	29 %
PANTONE Violet	28	6	13	9	21 %	47 %	32 %
PANTONE Purple	28	16	4	8	57 %	14 %	29 %

U tablici 3.64. prikazani su rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ , s obzirom na sve PMS boje, mjereno na mat premaznoj tiskovnoj podlozi.

**Tablica 3.64.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na mat premaznoj tiskovnoj podlozi

PANTONE® boja	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
PANTONE Rubine Red	28	17	5	6	61 %	18 %	21 %
PANTONE Warm Red	28	19	3	6	68 %	11 %	21 %
PANTONE Orange 021	28	19	5	4	68 %	18 %	14 %
PANTONE Yellow	28	22	3	3	78 %	11 %	11 %
PANTONE Green	28	20	3	5	71 %	11 %	18 %
PANTONE Reflex Blue	28	17	3	8	61 %	11 %	28 %
PANTONE Violet	28	18	2	8	65 %	7 %	28 %
PANTONE Purple	28	14	8	6	51 %	28 %	21 %

U tablici 3.65. prikazani su rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ , s obzirom na sve PMS boje, mjereno na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi.

**Tablica 3.65.** Rezultati  $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ ,  $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$  i  $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$  s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi

PANTONE® boja	Broj uzoraka	$\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	$\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	$\Delta E_{00}^* = 4 - 7$	Udio $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$	Udio $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$	Udio $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$
PANTONE Rubine Red	28	17	5	6	61 %	18 %	21 %
PANTONE Warm Red	28	19	3	6	68 %	11 %	21 %
PANTONE Orange 021	28	18	5	5	64 %	18 %	18 %
PANTONE Yellow	28	22	3	3	78 %	11 %	11 %
PANTONE Green	28	21	3	4	75 %	11 %	14 %
PANTONE Reflex Blue	28	17	4	7	61 %	14 %	25 %
PANTONE Violet	28	17	3	8	61 %	11 %	28 %
PANTONE Purple	28	18	4	6	64 %	15 %	21 %

## 4 ZAKLJUČCI

Uporaba spotnih boja nezamjenjiva je u današnjem tiskarskom procesu. Primjenjiva u brojnim segmentima tiskarske produkcije, u kombinaciji s postupcima lakiranja i laminiranja, podložna je relativno jednostavnim načinima kontrole i evaluacije te samim time subjektivne i objektivne procjene ispravnosti.

Istraživanje utjecaja različitih vrsta lakiranja i laminacijskih postupaka na spotne boje u okviru ovoga rada, iznjedrilo je i potvrdilo više važnih zaključaka. Različite vrste lakiranja utječu na promjenu glatkosti tiskovne površine, što je osobito vidljivo na premaznim tiskovnim podlogama. U okviru istraživanja utvrđeno je da su postupci mat lakiranja smanjili glatkost promatrane tiskovne podloge, a postupci sjajnog lakiranja povećali glatkost promatrane tiskovne podloge. I dok na nepremaznoj tiskovnoj podlozi utjecaj lakiranja nije toliko dominantan ni s obzirom na promjenu hrapavosti ni s obzirom na promjenu sjajnosti, na mat i sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi, različiti načini lakiranja značajno utječu i na promjenu sjajnosti tiskovne podloge. S obzirom na sve navedene rezultate, mjerenjem je dokazana međuovisnost hrapavosti i sjajnosti tiskovne podloge, koja čini temelj razumijevanju kolorimetrijskih promjena na spotnim bojama.

Sa ciljem utvrđivanja promjena CIE L\*a\*b\* vrijednosti koje su različiti laminacijski i različiti postupci lakiranja uzrokovali na pojedinim uzorcima, spektrofotometrijskim je mjerenjem utvrđena granična vrijednost koja utječe na standardnog promatrača te kao takva može utjecati na kvalitetu i dojam završenog grafičkog proizvoda. U sklopu izvršenog eksperimenta, u obzir su uzete boje PMS sustava iz različitih područja vidljivog dijela spektra, a mjerenja su izvršena na poljima RTV 20 %, 50 %, 80 % i 100 %, te na tri različite vrste tiskovne podloge – nepremaznoj, mat premaznoj i sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi.

Na nepremaznoj tiskovnoj podlozi sjajni i mat laminacijski postupci, ali i postupak UV lakiranja, uzrokovali su promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na više od 70 % promatranih PMS boja. VD sjajni lak i sjajni lak na bazi ulja uzrokovali su promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na 22 % promatranih PMS boja, VD mat lak na 16 % promatranih PMS boja, a mat lak na bazi ulja na 13 % promatranih boja PMS sustava. S obzirom na sve promatrane boje, a na nepremaznoj tiskovnoj podlozi, na različite vrste lakiranja i laminacijskih postupaka najosjetljivijom se pokazala boja PANTONE Violet, kod koje je 79 % uzoraka imalo promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Potom slijede PANTONE Reflex Blue sa 68 % i PANTONE Rubine Red s 50 % uzoraka koje su imale

promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Najmanje promjene dogodile su se na PANTONE Green i PANTONE Yellow sa samo 32 % uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

Na mat premaznoj tiskovnoj podlozi sjajni i mat laminacijski postupci uzrokovali su promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na 69 % promatranih PMS boja. UV sjajno lakiranje uzrokovalo je značajne promjene na 66 % promatranih boja. VD mat lak uzrokovao je promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na 22 % promatranih boja, a mat lak na bazi ulja na 9 % promatranih boja. Najmanje promjene uzrokovali su sjajni lak na bazi ulja (6 %) i VD sjajni lak (3 %). Uzevši u obzir sve promatrane boje na mat premaznoj tiskovnoj podlozi, na različite vrste lakiranja i laminacijskih postupaka najosjetljivijom se pokazala boja PANTONE Purple, kod koje je 49 % uzoraka imalo promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Potom slijede PANTONE Reflex Blue i PANTONE Rubine Red s 39 % uzoraka koje su imale promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Najmanje promjene su se dogodile na PANTONE Yellow i PANTONE Green sa samo 22 % i 29 % uzoraka na kojima je došlo do promjena  $\Delta E_{00}^* > 2$ .

Na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi sjajni i mat laminacijski postupci uzrokovali su promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na više od 65 % uzoraka promatranih PMS boja. UV sjajno lakiranje uzrokovalo je značajne promjene na 62 % promatranih boja. VD mat lak uzrokovao je promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$  na 19 % promatranih boja, a VD sjajni lak na 9 % promatranih PMS boja. Sjajni i mat lak na bazi ulja na ovoj vrsti tiskovne podloge nisu ni na jednoj promatranoj boji uzrokovale značajne kolorimetrijske promjene. Na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi najosjetljivijom su se pokazale boje PANTONE Reflex Blue, PANTONE Violet i PANTONE Rubine Red s 39 % uzoraka koje su imale promjene  $\Delta E_{00}^* > 2$ . Najmanje su se promjene, kao i kod nepremazne i mat premazne tiskovne podloge, dogodile na bojama PANTONE Yellow i PANTONE Green.



Istraživanje izneseno u radu potvrdilo je hipotezu o kolorimetrijskim promjenama spotnih boja pod utjecajem raznovrsnih postupaka lakiranja, a u međuovisnosti s hrapavošću tiskovne podloge. Na taj način ostvaren je i postignut znanstveni doprinos ovog rada koji se temelji na stvaranju preduvjeta za standardizaciju područja primjene spotnih boja u kombinaciji s različitim postupcima lakiranja, što u konačnici utječe na unaprjeđenje i razvoj istraživanja u području tehnike ofsetnog tiska. Doprinos je ostvaren i definiranjem graničnih vrijednosti

koje utječu na standardnog promatrača prilikom uporabe spotnih boja i različitih postupaka lakiranja te određivanjem parametara koji utječu na promjene uslijed različitih postupaka lakiranja. Naposljetku, rezultati istraživanja mogu se koristiti kao preporuka za ostvarivanje optimalnih rezultata prilikom tiska spotnih boja u kombinaciji s najčešće korištenim načinima lakiranja i termalnih laminacijskih postupaka, a na uobičajenim tiskovnim podlogama. Završetak ovoga rada i iznesena analiza i rezultati svakako ne predstavljaju kraj istraživanja na ovome području, nego su jamstvo za nastavak i donošenje novih spoznaja na području ofsetnog tiska i grafičke tehnologije.

## 5 LITERATURA

- [1] Kipphan, H., Handbook of Print Media, Springer, ISBN 978-3-540-67326-2, Berlin, 2001.
- [2] Caner, E., Farnood, R. & Yan, N., Effect of the Coating Formulation on the Gloss Properties of Coated Papers, Pulp & Paper Centre, University of Toronto, Toronto, 2006.
- [3] Takahashi, T., Farnood, R., Significance of surface and bulk light scattering in microgloss and microgloss nonuniformity of coated papers: Influence of pigment characteristics and calendering conditions, Nordic Pulp and Paper Research Journal, Vol 27, No. 2/2012, p. 431-439, 2012.
- [4] Tilley, R. J. D., Colour and The Optical Properties of Materials, John Wiley & Sons Ltd., United Kingdom, ISBN 9780470746967, 2011.
- [5] Fraser, B., Murphy, C., Bunting, F., Real World Color Management, Second Edition, Peachpit Press, Berkley, ISBN 0-321-26722-2, 2005.
- [6] Milković, M., Zjakić, I., Kozina, G., Kolorimetrija u multimedijским komunikacijama, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, 2010.
- [7] Fairchild, M. D., Color Appearance Models, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2005.
- [8] Heidelberg, Colour & Quality, 2nd Edition, 1999.
- [9] Zjakić, I., Utjecaj metamerije u tisku, Magistarski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2002.
- [10] Fernandez-Maloigne, C., Robert-Inacio, F., Macaire, L., Digital Color: Acquisition, Perception, Coding and Rendering, John Wiley & Sons Inc., 2012.
- [11] Hunt, R.W.G., The Reproduction of Colour, Sixth Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- [12] Sharma, G., Digital Color Imaging Handbook, CRC Press, 2003.
- [13] Ebner, M., Color Constancy, John Wiley & Sons Ltd., 2007.
- [14] Hunt, R.W.G., Pointer, M.R., Measuring Colour, Fourth Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2011.
- [15] Homann, J.P., Digital Color Management, Springer, Berlin, ISBN 978-3-540-67119-0, 2009.
- [16] Berns R., S., Principles of Color Technology, John Wiley & Sons Ltd., USA, 2000.
- [17] Malacara D., Color Vision and Colorimetry, Theory and Applications, Spie Press, Bellingham, 2002.



- [18] ISO 13656, Graphic technology — Application of measurements made by reflection densitometry and colorimetry to process control in the graphic arts, ISO, Geneva, 1999.
- [19] ISO 13656, Graphic technology — Application of measurements made by reflection densitometry and colorimetry to process control in the graphic arts, ISO, Geneva, 1999.
- [20] Zjakić, I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.
- [21] Eldred, N.R., What the Printer Should Know About Ink, Third Edition, GATF Press, 2001.
- [22] Schwalm, R., UV Coatings, Basics, Recent Developments and New Applications, Elsevier, 2007.
- [23] Glöckner, P., Jung, T., Struck, S., Studer, K., Radiation Curing, Coatings and Printing Inks, Technical Basics, Applications and Trouble Shooting, Vincentz Network, Hannover, 2008.
- [24] Process 4, Process technologies, consumables and applications for inline coating in sheetfed offset, [www.kba.com](http://www.kba.com)
- [25] B. Thompson, Printing Materials: Science and Technology, Pira International, Surrey, 2004.
- [26] Tracton, Arthur A., Coatings technology: fundamentals, testing, and processing techniques, ISBN 1-4200-4406-0, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.
- [27] Jiang M., Lin S., Jiang W., Pan N., Hot embossing holographic images in BOPP shrink films through large-area roll-to-roll Nanoimprint lithography, Applied Surface Science 311, pp. 101-106, August 2014.
- [28] NIIR Board of consultants & engineers, The complete technology book on expanded plastics, polyurethane, polyamide and polyester fibres, Asia Pacific Business Press Inc., 2006.
- [29] Galić, E., Ljevak, I., Zjakić, I., The Effect of Thermal Lamination Processes on Colorimetric Change in Spot Colours, Acta Graphica, Vol. 25, 3-4, pp. 83-90, 2014.
- [30] Barba R., Plante J., How can I get accurate colors after laminating, Hewlett-Packard Development Company, 2008.
- [31] Stephen Davidson R., Exploring the Science, Technology and Applications of UV and EB Curing, SITA Technology, pp. 67-85, 1999.
- [32] Mannari, V., Patel, C.J., Understanding Coatings Raw Materials, Vincentz Network, Hanover, 2015.
- [33] Pino, A., Pladellorens, J., Measure of Roughness of Paper Using Speckle, Proc. of SPIE Vol. 7432, 74320E, 2009.

- [34] Kajanto, I., Laamanen, J. & Kainulainen, M., Paper bulk and surface, Paper Physics. K. Niskanen, Helsinki, Fapet Oy. 16, pp. 89-115, 1998.
- [35] Elton N., J., An Introduction to the Surfoptic Imaging Reflectometer, Reflectometry Technical Paper, No. 1, 2007.
- [36] Karlović I., Tomić I., Jurić (Rilovski) I., Novaković D., Vučinić-Vasić M., Kozmidis-Luburić U., The Influence of the Surface Roughness of Aqueous Coated Samples and the Particle Size of the Coatings on the Reflection and Colourimetric Values of Offset Printed Samples, International Circular of Graphic Education and Research, Vol. 5, No 1, pp. 18-29, ISSN 2166-465X, UDK: 655, 2012.
- [37] Karlović, I., Novaković, D., Novotny, E., The influence of surface topography of UV coated and printed cardboard on the print gloss, Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 1, Issue 1, pp. 23-31, ISSN: 2217-379X, 2010.
- [38] Galić, E., Ljevak, I., Zjakić, I., Utjecaj različitih metoda lakiranja i glatkosti na sjajnost premaznih i nepremaznih tiskovnih podloga, Zbornik sažetaka 18. međunarodne konferencije tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija "Blaž Baromić" / Miroslav Mikota, Miroslav (ur.). - Zagreb ; Senj : Hrvatsko društvo grafičara, pp. 111-120, 2014.
- [39] Christie, R.M., Colour Chemistry, RSC Paperbacks, 2001.
- [40] Bohlin, E., Surface and porous structure of pigment coatings – Interactions with flexographic ink and effects on print quality, Dissertation, Karlstad University Studies, ISBN 978-91-7063-528-1, 2013.
- [41] Pauler, N., Paper optics, AB Lorentzen & Wettre, Sweden, 2001.
- [42] <http://www.sappi.com/regions/eu/Products/Paper%20products/Pages/Magno.aspx> (pristupljeno: 9/15)
- [43] <http://the-print-guide.blogspot.hr/search/label/Pantone> (pristupljeno: 9/15)
- [44] Leach R.H., The printing ink manual, Fifth edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999.
- [45] Laden, P., Chemistry and Technology of Water Based Inks, Blackie Academic and Professional, 1997.
- [46] Deshpande, K., Green, P., A simplified method of predicting the colorimetry of spot color overprints, Eighteenth Color and Imaging Conference: Color Science and Engineering Systems, Technologies, and Applications, San Antonio, Texas, pp. 213-216, ISBN / ISSN: 978-0-89208-294-0, 2010.
- [47] Hauck, S., Gooran, S., An Alternative Computational Method of Trapping for the Print Machine Operators, Technical Association of the Graphic Arts Proceedings, 0082-2299, Proc. TAGA (Technical Association of the Graphic Arts), Sewickley, PA, USA: Technical Association of the Graphic Arts. – 978-1-935185-03-1, pp. 363-373, 2011.

- [48] Chung, R., Hsu, F., Predicting Color of Overprint Solid, Proceedings of the 36th IARIGAI Research Conference, Advances in Color Reproduction, Stockholm, Sweden, 2009.
- [49] Chung, R., Hsu, F., A Study of Ink Trapping and Ink Trapping Ratio, Test Targets 8.0, pp. 33-39, 2008.
- [50] Deshpande, K., Green, P., Hoffstadt, H., White paper on predicting the colorimetry of spot colour overprints, ICC Graphic Art Colour Experts' Day, Frankfurt, 2013.
- [51] Hoffstadt, J., Simulating color changes due to a coating of offset prints, CGIV 2004 Second European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision, Aachen, Germany, pp. 489-493, 2004.
- [52] Majnarić, I., Bolanča Mirković, I., Golubović, K., Influence of UV curing varnish coating on surface properties of paper, Technical Gazette 19, 1, pp. 51-56, 2012.
- [53] Karlović, I., Novaković, D., Novotny, E., The influence of surface topography of UV coated and printed cardboard on the print gloss, Journal of Graphic Engineering and Design, Volume 1, Issue 1, pp. 23-31, ISSN: 2217-379X, 2010.
- [54] Johansson, K., Lundberg, P., Ryberg, R., A Guide to Graphic Print Production, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2011.
- [55] <http://www.saxoprint.co.uk/blog/spot-colour-printing/> (pristupljeno: 10/15)
- [56] <http://www.theinformedillustrator.com/2012/09/process-versus-spot-color.html> (pristupljeno: 10/15)
- [57] [http://www.dic-global.com/en/whats\\_dic/scene/scene01.html](http://www.dic-global.com/en/whats_dic/scene/scene01.html) (pristupljeno: 10/15)
- [58] <https://www.ral-shop.com/> (pristupljeno: 10/15)
- [59] <http://ralcolors.net/> (pristupljeno: 10/15)
- [60] <http://www.trumatch.com> (pristupljeno: 10/15)
- [61] Arney, J. S., Ye, L., Banach, S., Interpretation of Gloss Meter Measurements, Journal of Imaging Science and Technology, 50 (6), pp. 567-571, 2006.
- [62] Berns, R., de la Rie, R.E., The relative importance of surface roughness and refractive index in the effects of varnishes on the appearance of paintings. In: R. Vontobel (ed.) ICOM-CC Triennial Meeting Preprints, 22-27, Rio de Janeiro, Brasil, London, James & James, Science Publishers, pp. 211-216, 2002.
- [63] Jarnstrom, J., Ihalainen, P., Backfolk, K., Peltonen, J., Roughness of pigment coatings and its influence on gloss, Applied Surface Science, 254 (18), pp. 5741-5749, 2008.
- [64] Karlović, I., Novaković, D., Effect of different coating amounts on the surface roughness and print gloss of screen coated offset prints, The Journal of Imaging Science and Technology, pp. 1-10, ISBN / ISSN: 1602-3701, 2011.

- [65] Strom, G., Karathanasis M., Relationship between Ink Film Topography and Print Gloss in Offset Prints on Coated Surfaces, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 23(2), 156, 2008.
- [66] Preston, J.S., Gate, L.F., The influence of colour and surface topography on the measurement of effective refractive index of offset printed coated papers, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 252, Issues 2–3, pp. 99–104, 2005.
- [67] Wu Y.J., Grant, G., Bai, R., The Effects of Lamination on Image Quality and Light Stability of Display Media, *NIP26: International Conference on Digital Printing Technologies and Digital Fabrication*, Austin, Texas, pp. 395-399, 2010.
- [68] Simonot, L., Elias, M., Color change due to a varnish layer, *Color Research & Application*, Volume 29, Issue 3, pp. 196-204, 2004.
- [69] Bates, I., Džimbeg-Malčić, V., Itrić, K., Optical deterioration of samples printed with basic Pantone inks, *Acta Graphica journal for printing science and graphic communications*, Vol. 23, No. 3-4, pp. 79-90, 2012.
- [70] <http://www.upmpaper.com/en/Papers/Pages/Paper.aspx?ppid=56&region=EMEA&language=en-gb> (pristupljeno: 12/15)
- [71] <http://www.upmpaper.com/en/Papers/Pages/Paper.aspx?ppid=490&region=EMEA&language=en-gb> (pristupljeno: 12/15)
- [72] <https://www.pantone.com/color-finder> (pristupljeno: 1/15)
- [73] <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.6439.html> (pristupljeno: 1/15)
- [74] [http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB7512283\\_EN.htm](http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB7512283_EN.htm) (pristupljeno: 1/15)
- [75] Herbst, W., Hunger, K., *Industrial Organic Pigments, Production, Properties, Applications*, Third, Completely Revised Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004.
- [76] Kriss, M., *Handbook of Digital Imaging*, Wiley, 2015.
- [77] <http://www.dyestuffintermediates.com/pigment-dye/pigment-orange-34.html> (pristupljeno: 1/16)
- [78] <http://www.dyestuffintermediates.com/pigment-dye/pigment-orange-13.html> (pristupljeno: 1/16)
- [79] <http://www.dyestuffintermediates.com/pigment-dye/pigment-red-531.html> (pristupljeno: 1/16)
- [80] [https://www.fujifilm.eu/fileadmin/product\\_migration/generic/files/files/EU8612\\_Uvibond\\_UV\\_06.pdf](https://www.fujifilm.eu/fileadmin/product_migration/generic/files/files/EU8612_Uvibond_UV_06.pdf) (pristupljeno: 1/16)

- [81] <http://www.kdx europe.com/bopp-tds.html> (pristupljeno: 1/16)
- [82] <http://www.totalgraphics.co.uk/downloads/topfinishttpf86-technicalinformation.pdf> (pristupljeno: 5/16)
- [83] [http://www.lecaiprint.com/products\\_detail/&productId=16.htmlhtm](http://www.lecaiprint.com/products_detail/&productId=16.htmlhtm) (pristupljeno: 5/16)
- [84] <http://www.savatech.eu/offset-printing-blankets/advantage-plus.html> (pristupljeno: 1/16)
- [85] [ftp://ftp.amoscz.cz/produkty/CTP/TS/Trendsetter800IIQ\\_old.pdf](ftp://ftp.amoscz.cz/produkty/CTP/TS/Trendsetter800IIQ_old.pdf) (pristupljeno: 1/16)
- [86] [http://www.kba.com/fileadmin/user\\_upload/Products/Rapida\\_105/Prospekt\\_RA\\_105\\_P41/Rapida\\_105\\_e\\_web.pdf](http://www.kba.com/fileadmin/user_upload/Products/Rapida_105/Prospekt_RA_105_P41/Rapida_105_e_web.pdf) (pristupljeno: 1/16)
- [87] <http://www.kba.com/us/sheetfed-offset/measuring-technology/colour-measuring/ergotronic-colorcontrol/> (pristupljeno: 1/16)
- [88] <http://www.kba.com/us/sheetfed-offset/measuring-technology/colour-measuring/qualitronic-colorcontrol/> (pristupljeno: 1/16)
- [89] <http://www2.kba.com/gb/sheetfed-offset/measuring-technology/colour-measuring/ergotronic-colorcontrol/> (pristupljeno: 1/16)
- [90] <http://www.ecosystemcostruzioni.net/en/products/lamination/thermal-dry/item/76-76-compact> (pristupljeno: 1/16)
- [91] <http://www.mrprint.com> (pristupljeno: 5/16)
- [92] <http://yavain.com.ua/en/products/finishing/laminators/product-laminator-76-usa-dry-30/> (pristupljeno: 1/16)
- [93] <http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%203.pdf> (pristupljeno: 5/16)

## 6 POPIS SLIKA I TABLICA

<b>Slika 2.1.</b> Elektromagnetski spektar i područje vidljive svjetlosti <sup>[6]</sup> .....	6
<b>Slika 2.2.</b> Prikaz valnih duljina crvene, zelene i plave boje <sup>[8]</sup> .....	6
<b>Slika 2.3.</b> Spektralne emisije triju različitih izvora svjetla vidljivog dijela spektra <sup>[6]</sup> .....	8
<b>Slika 2.4.</b> Prikaz osnovnih elemenata građe ljudskog oka <sup>[15]</sup> .....	9
<b>Slika 2.5.</b> Osjetljivost pojedinih fotoreceptorskih stanica u spektralnim područjima <sup>[6]</sup> .....	10
<b>Slika 2.6.</b> Promjena veličine integralne optičke gustoće uslijed promjene debljine nanosa bojila <sup>[6]</sup> .....	14
<b>Slika 2.7.</b> Prikaz spektrofotometrijske krivulje s obzirom na različito obojene objekte <sup>[6]</sup> .....	16
<b>Slika 2.8.</b> Prikaz aniloks raster valjka s tvorničkim ugraviranim vrijednostima linijature.....	20
<b>Slika 2.9.</b> Prikaz aniloks raster valjka unutar jedinice za vododisperzivno lakiranje.....	21
<b>Slika 2.10.</b> Prikaz sustava za nanošenje vododisperzivnog laka u sklopu ofsetnih tiskarskih strojeva: a) otvoreni sustav s valjcima; b) zatvoreni sustav s komornim rakelom i aniloks valjkom <sup>[1]</sup> .....	21
<b>Slika 2.11.</b> Shematski prikaz fleksografske jedinice za vododisperzivno lakiranje <sup>[1]</sup> .....	22
<b>Slika 2.12.</b> Shematski prikaz konstrukcije tiskarskog stroja prilagođenog nanosu primer laka .....	25
<b>Slika 2.13.</b> Strukture akrilnih oligomera: a) bisfenol A epoksi akrilat; b) alifatski uretan akrilat; c) poliester akrilat; d) akril akrilat .....	27
<b>Slika 2.14.</b> Strukture akrilnih monomera: a) izobornil akrilat; b) heksandiol diakrilat c) trimetilol propan triakrilat .....	28
<b>Slika 2.15.</b> Struktura fotoinicijatora: a) 1-hidroksi-cikloheksilfenil-ke-ton; b) benzofenon ....	28
<b>Slika 2.16.</b> Shematski prikaz sitotiska <sup>[26]</sup> .....	30
<b>Slika 2.17.</b> Shematski prikaz presjeka laminiranog otiska <sup>[29]</sup> .....	31
<b>Slika 2.18.</b> Prikaz otisnutih uzoraka s obzirom na različite metode laminacije pri povećanju 200x: od lijeva prema desno, bez laminacije, s mat laminacijom, sa sjajnom laminacijom a) mat premazna tiskovna podloga; b) sjajno premazna tiskovna podloga <sup>[29]</sup> .....	33
<b>Slika 2.19.</b> Shematski prikaz refleksije i refrakcije s obzirom na savršeno glatku površinu <sup>[35]</sup> .....	34
<b>Slika 2.20.</b> Mikroskopski prikaz presjeka premaznog papira; zelenom bojom prikazan profil velike hrapavosti definiran vlaknima papira; plavom bojom prikazan mikroprofil uzrokovan mineralnim pigmentima u premazu <sup>[35]</sup> .....	35
<b>Slika 2.21.</b> Shematski prikaz nasumične površinske hrapavosti <sup>[35]</sup> .....	35

<b>Slika 2.22.</b> Shematski prikaz interakcije upadajuće svjetlosti i promatrane površine s obzirom na hrapavost: a) zrcalna refleksija; b) mala hrapavost uzrokuje minimalno raspršenje; c) veća hrapavost uzrokuje veće raspršenje, ali i dalje u zrcalnom smjeru; d) velika hrapavost uzrokuje raspršenje svjetlosti u svim smjerovima <sup>[35]</sup> .....	36
<b>Slika 2.23.</b> Utjecaj promjene prosječne hrapavosti s obzirom na vododisperzivni sjajni i mat lak nanesen u različitim količinama <sup>[36]</sup> .....	36
<b>Slika 2.24.</b> Glatkost uzoraka a) NP-BL, SP-BL i MP-BL; b) NP-UVS, NP-ML, NP-SL, SP-UVS, SP-ML, SP-SL, MP-UVS, MP-ML, MP-SL <sup>[38]</sup> .....	37
<b>Slika 2.25.</b> Ovisnost sjajnosti otiska o površinskoj strukturi tiskovne podloge: a) blago hrapava tiskovna podloga rezultira glatkim i sjajnim otiskom; b) hrapava tiskovna podloga rezultira otiskom male sjajnosti <sup>[40]</sup> .....	39
<b>Slika 2.26.</b> Interakcija upadne svjetlosti i tiskovne podloge: a) zrcalna i difuzna refleksija; b) različiti slučajevi difuzne refleksije; c) situacije refleksije s obzirom na otisnutu boju te korištenje laka <sup>[1]</sup> .....	40
<b>Slika 2.27.</b> Sjajnost uzoraka: a) NP-UVS; NP-ML; NP-SL; NP-BL; b) SP-UVS; SP-ML; SP-SL; SP-BL; c) MP-UVS; MP-ML; MP-SL; MP-BL <sup>[38]</sup> .....	42
<b>Slika 2.28.</b> Međuovisnost parametara sjajnosti i hrapavosti (glatkosti) s obzirom na različite vrste lakiranja <sup>[38]</sup> .....	43
<b>Slika 2.29.</b> Povećani gamut PMS sustava boja u odnosu na CMYK sustav boja <sup>[43]</sup> .....	45
<b>Slika 2.30.</b> Reproducirana PMS boja (lijevo) korištenjem CMYK omjera u usporedbi s original PMS bojom (desno) <sup>[43]</sup> .....	46
<b>Slika 2.31.</b> Deshpande, Green i Hoffstadt model predviđanja overprint PMS boje <sup>[50]</sup> .....	51
<b>Slika 2.32.</b> Mjerni klin za ishođenje kx, ky, kz i jx, jy, jz koeficijenta <sup>[50]</sup> .....	52
<b>Slika 2.33.</b> $\Delta E^*$ vrijednosti s obzirom na izmjerene i modelom predviđene vrijednosti: a) PANTONE 7472, b) PANTONE 193 .....	53
<b>Slika 2.34.</b> Prikaz dijela HKS skale boja .....	54
<b>Slika 2.35.</b> Prikaz dijela Toyo skale boja unutar Adobe® Photoshop® aplikacije .....	55
<b>Slika 2.36.</b> DIC Color Guide® .....	55
<b>Slika 2.37.</b> Prikaz dijela RAL sustava boja <sup>[59]</sup> .....	56
<b>Slika 2.38.</b> Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – ANPA 755-0 AdPro .....	57
<b>Slika 2.39.</b> Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – FOCOLTONE 1076 – DIC 565s* ..	57
<b>Slika 2.40.</b> Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – HKS 14K – PANTONE 172.....	58
<b>Slika 2.41.</b> Prikaz usklađivanja CMYK (0,100,100,0) – TOYO 0101 – TRUMATCH 6-a ...	58
<b>Slika 3.1.</b> Shema metodologije i plana istraživanja .....	62

<b>Slika 3.2.</b> Simulacija prikaza Pantone® boja korištenih za izradu eksperimentalnih uzoraka.	64
<b>Slika 3.3.</b> Rhodamine B, $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ <sup>[73]</sup>	65
<b>Slika 3.4.</b> CI Pigment Violet 3, $C_{24}H_{27}N_3$ <sup>[74]</sup>	66
<b>Slika 3.5.</b> CI Pigment Blue 18, $C_{37}H_{28}N_3NaO_6S_2$	67
<b>Slika 3.6.</b> CI Pigment Blue 56, $C_{40}H_{35}N_3O_3S$	67
<b>Slika 3.7.</b> CI Pigment Blue 61, $C_{37}H_{29}N_3O_3S$	67
<b>Slika 3.8.</b> Osnovna Phthalocyanine molekula <sup>[44]</sup>	68
<b>Slika 3.9.</b> Struktura CI Pigment Green 7 <sup>[44]</sup>	69
<b>Slika 3.10.</b> Struktura CI Pigment Green 36 <sup>[44]</sup>	69
<b>Slika 3.11.</b> Struktura Pigment Yellow 12, $C_{32}H_{26}Cl_2N_6O_4$ <sup>[44]</sup>	70
<b>Slika 3.12.</b> Struktura Pigment Yellow 13, $C_{36}H_{34}Cl_2N_6O_4$ <sup>[45]</sup>	70
<b>Slika 3.13.</b> Struktura Pigment Orange 34, $C_{36}H_{34}Cl_2N_6O_4$ <sup>[77]</sup>	71
<b>Slika 3.14.</b> Struktura Pigment Orange 13, $C_{32}H_{24}Cl_2N_8O_2$ <sup>[78]</sup>	71
<b>Slika 3.15.</b> Struktura Pigment Red 53:1 <sup>[44]</sup>	72
<b>Slika 3.16.</b> Struktura Pigment Red 53:1, $C_{17}H_{13}ClN_2O_4S$ <sup>[79]</sup>	72
<b>Slika 3.17.</b> Struktura Pigment Red 57:1 <sup>[44]</sup>	73
<b>Slika 3.18.</b> KBA Rapida 105-5+L	80
<b>Slika 3.19.</b> ErgoTronic ColorControl stroja KBA Rapida 105-5+L <sup>[89]</sup>	80
<b>Slika 3.20.</b> QualiTronic ColorControl stroja KBA Rapida 105-5+L – inline kamera <sup>[89]</sup>	81
<b>Slika 3.21.</b> Sitotiskarski stroj M&R Saturn	82
<b>Slika 3.22.</b> VITRAN II dodatak s UV lampama <sup>[91]</sup>	82
<b>Slika 3.23.</b> ECOSYSTEM USA DRY 76 stroj za plastifikaciju <sup>[92]</sup>	83
<b>Slika 3.24.</b> Mjerni uređaj X-Rite eXact	86
<b>Slika 3.25.</b> Tiskovna forma korištena za provedbu eksperimenta	87
<b>Slika 3.26.</b> Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na nepremaznom papiru	89
<b>Slika 3.27.</b> Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na mat premaznom papiru	89
<b>Slika 3.28.</b> Rezultati mjerenja glatkosti BEKK metodom na sjajno premaznom papiru	90
<b>Slika 3.29.</b> BEKK glatkost s obzirom na različite vrste lakiranja i različite plastifikacije	90
<b>Slika 3.30.</b> Rezultati mjerenja BEKK glatkosti poredani po veličini	91
<b>Slika 3.31.</b> Rezultati mjerenja sjajnosti nepremazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije	92
<b>Slika 3.32.</b> Rezultati mjerenja sjajnosti mat premazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije	92



<b>Slika 3.33.</b> Rezultati mjerenja sjajnosti sjajno premazne tiskovne podloge s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikacije .....	93
<b>Slika 3.34.</b> Sjajnost 60° s obzirom na različite vrste lakiranja i različite plastifikacije.....	93
<b>Slika 3.35.</b> Rezultati mjerenja sjajnost poredani od najveće prema najmanjoj vrijednosti mjereno s obzirom na kut od 60° .....	94
<b>Slika 3.36.</b> PANTONE Rubine Red RTV 40 %, a) MP-BL 200x, b) MP-BL 400x, c) MP-MP 400x, d) MP-UV, 400x.....	95
<b>Slika 3.37.</b> Gustoća obojenja PMS boja na NP tiskovnoj podlozi.....	95
<b>Slika 3.38.</b> Gustoća obojenja PMS boja na MP tiskovnoj podlozi .....	96
<b>Slika 3.39.</b> Gustoća obojenja PMS boja na SP tiskovnoj podlozi .....	96
<b>Slika 3.40.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Rubine Red na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	97
<b>Slika 3.41.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Rubine Red na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	99
<b>Slika 3.42.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Rubine Red na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	101
<b>Slika 3.43.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Warm Red na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	103
<b>Slika 3.44.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Warm Red na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	105
<b>Slika 3.45.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Warm Red na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	107
<b>Slika 3.46.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Orange 021 na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	109
<b>Slika 3.47.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Orange 021 na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	111

<b>Slika 3.48.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Orange 021 na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	113
<b>Slika 3.49.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Yellow na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	115
<b>Slika 3.50.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Yellow na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	117
<b>Slika 3.51.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Yellow na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	119
<b>Slika 3.52.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Green na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	121
<b>Slika 3.53.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Green na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	123
<b>Slika 3.54.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Green na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	125
<b>Slika 3.55.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Reflex Blue na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	127
<b>Slika 3.56.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Reflex Blue na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	129
<b>Slika 3.57.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Reflex Blue na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	131
<b>Slika 3.58.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Violet na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	133

<b>Slika 3.59.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Violet na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	135
<b>Slika 3.60.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Violet na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	137
<b>Slika 3.61.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Purple na NP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	139
<b>Slika 3.62.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Purple na MP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	141
<b>Slika 3.63.</b> CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE Purple na SP tiskovnoj podlozi s obzirom na različite vrste lakiranja i plastifikaciju pri a) 20 % RTV, b) 50 % RTV, c) 80 % RTV, d) 100 % RTV .....	143
<b>Slika 3.64.</b> CIE L*a*b* vrijednosti tiskovne podloge NP, MP, SP bez boje a) NP, b) MP, c) SP .....	145

## POPIS TABLICA:

<b>Tablica 2.1.</b> Prednosti i nedostaci lakiranja na bazi ulja .....	18
<b>Tablica 2.2.</b> Prikaz sastava vododisperzivnog laka <sup>[44]</sup> .....	19
<b>Tablica 2.3.</b> Prednosti i nedostaci vododisperzivnog lakiranja .....	19
<b>Tablica 2.4.</b> Generalni sastav i funkcije komponenti UV laka <sup>[22]</sup> .....	23
<b>Tablica 2.5.</b> Prednosti i nedostaci UV lakiranja u okvirima grafičke industrije .....	24
<b>Tablica 2.6.</b> Prikaz tipova akrilnih oligomera i pripadajućih svojstava .....	26
<b>Tablica 2.7.</b> Prikaz tipova akrilnih monomera i pripadajućih svojstava .....	27
<b>Tablica 2.8.</b> Prednosti i nedostaci laminacijskih postupaka u grafičkoj proizvodnji .....	32
<b>Tablica 2.9.</b> Prikaz vrijednosti sjaja nekih od najčešće korištenih tiskovnih podloga u ofsetnom reprodukcijском procesu <sup>[42]</sup> .....	41
<b>Tablica 3.1.</b> Tehničke karakteristike mat premazne tiskovne podloge <sup>[70]</sup> .....	63
<b>Tablica 3.2.</b> Tehničke karakteristike sjajno premazne tiskovne podloge <sup>[70]</sup> .....	63
<b>Tablica 3.3.</b> Tehničke karakteristike nepremazne tiskovne podloge <sup>[71]</sup> .....	64
<b>Tablica 3.4.</b> PANTONE Purple C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	65

<b>Tablica 3.5.</b> PANTONE Violet C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	65
<b>Tablica 3.6.</b> PANTONE Reflex Blue C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	66
<b>Tablica 3.7.</b> PANTONE Green C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	68
<b>Tablica 3.8.</b> PANTONE Yellow C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	70
<b>Tablica 3.9.</b> PANTONE Orange 021 C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	71
<b>Tablica 3.10.</b> PANTONE Warm Red C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> .....	72
<b>Tablica 3.11.</b> PANTONE Rubine Red C vrijednosti s obzirom na ostale sustave boje <sup>[72]</sup> ....	73
<b>Tablica 3.12.</b> Osnovne tehničke karakteristike mat laka na bazi ulja <sup>[82]</sup> .....	73
<b>Tablica 3.13.</b> Osnovne tehničke karakteristike sjajnog laka na bazi ulja <sup>[82]</sup> .....	74
<b>Tablica 3.14.</b> Osnovne tehničke karakteristike mat vododisperzivnog laka .....	74
<b>Tablica 3.15.</b> Osnovne tehničke karakteristike sjajnog vododisperzivnog laka.....	74
<b>Tablica 3.16.</b> Osnovne tehničke karakteristike Sericol FujiFilm Uvibond UV sjajnog laka <sup>[80]</sup> .....	75
<b>Tablica 3.17.</b> Osnovne tehničke karakteristike KDX sjajne folije <sup>[81]</sup> .....	75
<b>Tablica 3.18.</b> Osnovne tehničke karakteristike KDX mat folije <sup>[81]</sup> .....	76
<b>Tablica 3.19.</b> Osnovne tehničke karakteristike Lecai ofsetnih ploča <sup>[83]</sup> .....	76
<b>Tablica 3.20.</b> Osnovne tehničke karakteristike Sava AdvantagePlus ofsetne gume <sup>[84]</sup> .....	77
<b>Tablica 3.21.</b> Tehničke karakteristike CtP stroja Creo Trendsetter 800 II Quantum <sup>[85]</sup> .....	78
<b>Tablica 3.22.</b> Osnovne tehničke karakteristike KBA Rapida 105-5+L tiskarskog stroja <sup>[86]</sup> ..	79
<b>Tablica 3.23.</b> Osnovne tehničke karakteristike M&R Saturn sitotiskarskog stroja.....	81
<b>Tablica 3.24.</b> Osnovne tehničke karakteristike ECOSYSTEM USA DRY 76 stroja za plastifikaciju <sup>[90]</sup> .....	83
<b>Tablica 3.25.</b> Osnovne tehničke karakteristike PTI line BEKK tester uređaja za mjerenje glatkosti uzoraka .....	84
<b>Tablica 3.26.</b> Osnovne tehničke karakteristike X-Rite Elcometer 407 Statistical Glossmeter za mjerenje sjajnosti uzoraka .....	84
<b>Tablica 3.27.</b> Osnovne tehničke karakteristike mikroskopa Dino–Lite AM413T Dino-Lite Pro .....	85
<b>Tablica 3.28.</b> Osnovne tehničke karakteristike mikroskopa Leica Microsystems DM2500...	85
<b>Tablica 3.29.</b> Osnovne tehničke karakteristike uređaja X-Rite eXact .....	86
<b>Tablica 3.30.</b> Način označavanja eksperimentalnih uzoraka i izvedivost mjerenja.....	88
<b>Tablica 3.31.</b> Način označavanja eksperimentalnih uzoraka i izvedivost mjerenja.....	91
<b>Tablica 3.32.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Rubine Red.	98

<b>Tablica 3.33.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Rubine Red	100
<b>Tablica 3.34.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Rubine Red	102
<b>Tablica 3.35.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Warm Red.	104
<b>Tablica 3.36.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Warm Red	106
<b>Tablica 3.37.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Warm Red .	108
<b>Tablica 3.38.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Orange 021	110
<b>Tablica 3.39.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Orange 021	112
<b>Tablica 3.40.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Orange 021	114
<b>Tablica 3.41.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Yellow .....	116
<b>Tablica 3.42.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Yellow.....	118
<b>Tablica 3.43.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Yellow .....	120
<b>Tablica 3.44.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Green .....	122
<b>Tablica 3.45.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Green.....	124
<b>Tablica 3.46.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Green.....	126
<b>Tablica 3.47.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Reflex Blue	128
<b>Tablica 3.48.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Reflex Blue	130
<b>Tablica 3.49.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Reflex Blue	132
<b>Tablica 3.50.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Violet.....	134
<b>Tablica 3.51.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Violet .....	136
<b>Tablica 3.52.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Violet.....	138
<b>Tablica 3.53.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP PANTONE Purple.....	140
<b>Tablica 3.54.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - MP PANTONE Purple.....	142
<b>Tablica 3.55.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - SP PANTONE Purple .....	144
<b>Tablica 3.56.</b> Rezultati $\Delta L^*$ , $\Delta a^*$ , $\Delta b^*$ , $\Delta C^*$ , $\Delta h$ , $\Delta H^*$ , $\Delta E_{00}^*$ - NP, MP, SP bez boje .....	146
<b>Tablica 3.57.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na nepremaznoj tiskovnoj podlozi.....	161
<b>Tablica 3.58.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na mat premaznoj tiskovnoj podlozi.....	161

<b>Tablica 3.59.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje u svim RTV vrijednostima na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi .....	162
<b>Tablica 3.60.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na nepremaznoj tiskovnoj podlozi .....	162
<b>Tablica 3.61.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na mat premaznoj tiskovnoj podlozi .....	163
<b>Tablica 3.62.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje, mjereno na 100 % RTV na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi.....	163
<b>Tablica 3.63.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na nepremaznoj tiskovnoj podlozi	164
<b>Tablica 3.64.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na mat premaznoj tiskovnoj podlozi .....	164
<b>Tablica 3.65.</b> Rezultati $\Delta E_{00}^* = 0 - 2$ , $\Delta E_{00}^* = 2 - 4$ i $\Delta E_{00}^* = 4 - 7$ s obzirom na sve PMS boje i sve načine lakiranja te laminacijske postupke, mjereno na sjajno premaznoj tiskovnoj podlozi .....	165

PANTONE® and other Pantone trademarks are the property of Pantone LLC.

Adobe and Photoshop are either registered trademarks or trademarks of Adobe Systems Incorporated in the United States and/or other countries.

## ***Životopis***

Eduard Galić, dipl. ing. graf. teh. rođen je 8. travnja 1983. godine u Mostaru. Nakon završene gimnazije „fra Grga Martić“ u Mostaru, 2002. godine upisuje Grafički fakultet u Zagrebu, smjer tehničko-tehnološki.

Diplomirao je 2007. godine na Grafičkom fakultetu s temom diplomskog rada „Automatizacija tiskarskog sustava putem JDF-a“, mentor izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić.

Nakon završenog fakulteta, zapošljava se u tvrtki Stega tisak d.o.o. u Zagrebu, kao voditelj proizvodnje tiskare.

Poslijediplomski doktorski studij, Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, upisuje 2008. godine.

## *Popis objavljenih radova*

### **Znanstveni radovi u drugim časopisima**

1. Galić, Eduard; Ljevak, Ivana; Zjakić, Igor; **The Effect of Thermal Lamination Processes on Colorimetric Change in Spot Colours** // *Acta graphica* **25** (2015), 3-4 (2014); 83-90
2. Igor Zjakić, Eduard Galić, Siniša Bogdanović; **Study of usability of MacAdams ellipsoids in defining quality of printing dark colours** // *Tehnički vjesnik / Technical Gazette* (1330-3651, Vol. 23/No. 2), 2016.

### **Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom**

1. Galić, Eduard; Ljevak, Ivana; Zjakić, Igor; **The Influence of UV Varnish on Colorimetric Properties of Spot Colors** // *Procedia Engineering Volume 100 - 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2014* / Katalinic, Branko (ur.) Elsevier, 2015. 1532-1538
2. Galić, Eduard; Ljevak, Ivana; Zjakić, Igor; **Korelacija malih subjektivno-objektivnih kvalitativnih razlika u tisku** // *18th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2014, Proceedings* / Mikota, Miroslav (ur.) Senj: Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, 2014. 47-59
3. Galić, Eduard; Ljevak, Ivana; Zjakić, Igor; **Utjecaj različitih metoda lakiranja na sjajnost premaznih i nepremaznih tiskovnih podloga** // *18th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2014, Proceedings* / Mikota, Miroslav (ur.) Senj: Croatian Society of Graphic Artists, 2014. 111-120
4. Galić, Eduard; Mahović Poljaček, Sanja; Cigula, Tomislav; **The simulation of the graphic reproduction environment in laboratory surroundings** // *Proceedings of International Conference MATRIB 2014* / Šolić, Sanja ; Šnajdar Musa, Mateja (ur.). Zagreb : Croatian Society for Materials and Tribology, 2014. 127-137
5. Ljevak, Ivana; Galić, Eduard; Zjakić, Igor; **Studija standardizacije reprodukcije fleksotiskarskog procesa na različitim tiskovnim podlogama** // *19th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2015, Proceedings* / Mikota, Miroslav (ur.) Senj: Croatian Society of Graphic Artists, 2015.